

ผลของความเร็วการไหลของน้ำในอุโมงค์น้ำต่อคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของการว่ายน้ำท่าครอว์ลในนักกีฬา
ว่ายน้ำสมัครเล่น



นายสุรัชย์ ตาระกา

จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

CHULALONGKORN UNIVERSITY

บทคัดย่อและแฟ้มข้อมูลฉบับเต็มของวิทยานิพนธ์ตั้งแต่ปีการศึกษา 2554 ที่ให้บริการในคลังปัญญาจุฬาฯ (CUIR)
เป็นแฟ้มข้อมูลของนิสิตเจ้าของวิทยานิพนธ์ ที่ส่งผ่านทางบัณฑิตวิทยาลัย

The abstract and full text of theses from the academic year 2011 in Chulalongkorn University Intellectual Repository (CUIR)
are the thesis authors' files submitted through the University Graduate School.

วิทยานิพนธ์นี้เป็นส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิชาวิทยาศาสตร์การกีฬา

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2559

ลิขสิทธิ์ของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

EFFECTS OF WATER FLOW VELOCITY IN SWIMMING FLUME ON
ELECTROMYOGRAPHY OF CRAWL STROKE SWIMMING IN AMATEUR SWIMMER

Mr. Surachai Taraka



A Thesis Submitted in Partial Fulfillment of the Requirements
for the Degree of Master of Science Program in Sports Science

Faculty of Sports Science

Chulalongkorn University

Academic Year 2016

Copyright of Chulalongkorn University

หัวข้อวิทยานิพนธ์

ผลของความเร็วการไหลของน้ำในอุโมงค์น้ำต่อคลื่นไฟฟ้า
กล้ำมเนื้อของการว่า่ยท่าครอวัลในนักกีฬาว่า่ยน้ำ
สมัครเล่น

โดย

นายสุรัชย์ ตาระกา

สาขาวิชา

วิทยาศาสตร์การกีฬา

อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

อาจารย์ ดร. นงนภัส เจริญพานิช

คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย อนุมัติให้บัณฑิตวิทยานิพนธ์ฉบับนี้เป็น
ส่วนหนึ่งของการศึกษาตามหลักสูตรปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต

..... คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. วันชัย บุญรอด)

คณะกรรมการสอบวิทยานิพนธ์

..... ประธานกรรมการ

(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. ชัยพัฒน์ หล่อศิริรัตน์)

..... อาจารย์ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก

(อาจารย์ ดร. นงนภัส เจริญพานิช)

..... กรรมการ

(อาจารย์ ดร.เบญจพล เบญจพลากร)

..... กรรมการภายนอกมหาวิทยาลัย

(นางสาวชัชฎาพร พิทักษ์เสถียรกุล)

สรุขัย ตาระกา : ผลของความเร็วการไหลของน้ำในอุโมงค์น้ำต่อคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของการว่ายน้ำท่าครอว์ลในนักกีฬาว่ายน้ำสมัครเล่น (EFFECTS OF WATER FLOW VELOCITY IN SWIMMING FLUME ON ELECTROMYOGRAPHY OF CRAWL STROKE SWIMMING IN AMATEUR SWIMMER) อ.ที่ปรึกษาวิทยานิพนธ์หลัก: อาจารย์ ดร. นงนภัส เจริญพานิช, 88 หน้า.

วัตถุประสงค์: เพื่อศึกษาผลของความเร็วการไหลของน้ำในอุโมงค์น้ำที่มีต่อคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อขณะว่ายน้ำท่าครอว์ลในนักกีฬาว่ายน้ำสมัครเล่น

วิธีดำเนินการวิจัย: กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้เป็นนักกีฬาว่ายน้ำสมัครเล่นชาย 15 คน อายุระหว่าง 18-25 ปี ทำการติดตั้งเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (EMG) บริเวณกล้ามเนื้อ 8 มัดทางด้านขวา ได้แก่ Anterior Deltoid, Posterior Deltoid, Pectoralis Major, Middle Trapezius, Erector Spinae, Rectus Abdominis, Biceps Femoris, และ Vastus Medialis เพื่อวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ได้แก่ การหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด (Maximum Intensity), ระยะเวลาจากจุดเริ่มสัญญาณ EMG ไปยัง จุดสูงสุดของ EMG (Time to Peak), อัตราการเพิ่มของ EMG (Rate of EMG Development), และเวลาการเกิดสัญญาณ EMG เมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อมัดแรกที่เกิดสัญญาณ (Pectoralis Major) (Onset Latency) ขณะว่ายน้ำในอุโมงค์น้ำที่ความเร็ว 3 ระดับ คือ 0.5, 1.0 และ 1.5 m/s โดยกำหนดจุดเริ่มต้นช่วงการเคลื่อนไหวเมื่อมือขวาสัมผัสผืนน้ำ (เริ่มต้นของช่วง Entry and Catch) และครบหนึ่งช่วงการเคลื่อนไหวโดยมือกลับมาสัมผัสผืนน้ำอีกครั้ง เพื่อเป็นเวลาอ้างอิงสำหรับการเริ่มทำงานของกล้ามเนื้อมัดถัดมา วิเคราะห์ผลการวิจัยโดย One Way ANOVA และใช้ Tukey ในการหาคู่ที่แตกต่างกันโดยกำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ $p\text{-value} \leq 0.05$

ผลการวิจัย: คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อแขนแสดงการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด (Maximum Intensity) มากกว่ากล้ามเนื้อลำตัวและกล้ามเนื้อขาในทุกความเร็ว และแสดงการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อว่ายน้ำด้วยความเร็วเพิ่มขึ้น ในขณะที่ระยะเวลาจากจุดเริ่มสัญญาณไปยังจุดสูงสุดไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ อย่างไรก็ตามอัตราการเพิ่มของ EMG ของกล้ามเนื้อลำตัวและกล้ามเนื้อขาพบการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ และพบการเปลี่ยนลำดับการเกิดสัญญาณ EMG โดยเฉพาะในส่วนกล้ามเนื้อลำตัวและกล้ามเนื้อขา เมื่อความเร็วของการไหลของน้ำในอุโมงค์น้ำเพิ่มขึ้น

สรุปผลวิจัย: กล้ามเนื้อแขนเป็นกล้ามเนื้อหลักในการว่ายน้ำท่าครอว์ล ในทุกความเร็วของการว่ายน้ำ อย่างไรก็ตามเมื่อว่ายน้ำด้วยความเร็วเพิ่มขึ้น พบว่ากล้ามเนื้อลำตัวและกล้ามเนื้อขา จะทำงานเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเพื่อพยุงร่างกายส่วนล่างให้สามารถแทรกผ่านน้ำให้เร็วขึ้น และประสานสัมพันธ์กับการทำงานที่เพิ่มขึ้นของกล้ามเนื้อแขน

สาขาวิชา วิทยาศาสตร์การกีฬา

ลายมือชื่อนิสิต

ปีการศึกษา 2559

ลายมือชื่อ อ.ที่ปรึกษาหลัก

5778329539 : MAJOR SPORTS SCIENCE

KEYWORDS: ELECTROMYOGRAPHY/CRAWL SWIMMING/WATER FLOW VELOCITY IN SWIMMING FLUME/ FLUME

SURACHAI TARAKA: EFFECTS OF WATER FLOW VELOCITY IN SWIMMING FLUME ON ELECTROMYOGRAPHY OF CRAWL STROKE SWIMMING IN AMATEUR SWIMMER.
ADVISOR: NONGNAPAS CHAROENPANICH, Ph.D., 88 pp.

Purpose: To study the effects of water flow velocity in swimming flume on electromyography during crawl stroke swimming in amateur swimmers.

Methods: Fifteen male swimmers from Singha coreporation aged between 18 – 25 years were included in this study. Put Electromyography (EMG) electrodes on the right side of eight target muscles: Anterior Deltoid, Posterior Deltoid, Pectoralis Major, Middle Trapezius, Erector Spinae, Rectus Abdominis, Biceps Femoris, and Vastus Medialis for analyzing the EMG data: Maximum Intensity, Time to Peak, Rate of EMG Development (RED), and Onset Latency while crawl swimming in three level of water flow velocity; 0.5, 1.0 and 1.5 m/s. The swimming phase starts when the right hand touches the water surface (start of entry and catch phase), and ends the one cycle while the right hand return to touch the water surface again. The one way ANOVA was used to analyze the data and used Tukey as post hoc analysis at the significant different at $p\text{-value} \leq 0.05$.

Results: The EMG shoulder muscles showed maximum intensity more than trunk and leg muscles in all water flow velocity. They showed the significantly increase of maximum intensity when increase the water flow velocity. The time to peak of all muscles did not show significantly change, however, the rate of EMG development of trunk and leg muscles showed significantly increase. Moreover, the onset latency of trunk and leg muscle showed significantly change of onset time.

Conclusion: The shoulder muscles were the major muscles of crawl swimming in all water flow velocity. However, at higher swimming velocity, trunk and leg muscle showed significantly increase working for supporting the lower body to be in good position and coordinating with shoulder muscles.

Field of Study: Sports Science

Student's Signature

Academic Year: 2016

Advisor's Signature

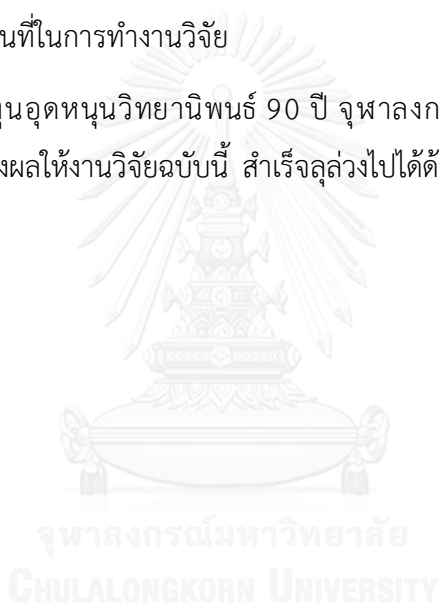
กิตติกรรมประกาศ

งานวิจัยเรื่อง ผลของความเร็วการไหลของน้ำในอุโมงค์น้ำต่อคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของ การว่ายน้ำท่าครอว์ลในนักกีฬาว่ายน้ำสมัครเล่น จะสำเร็จลุล่วงไม่ได้ถ้าไม่ได้รับการช่วยเหลือจาก อาจารย์นงนภัส เจริญพานิช ที่ให้คำปรึกษาและแนะนำการทำวิทยานิพนธ์ครั้งนี้

ขอขอบคุณบริษัท สิงห์ คอปเปอร์เรชั่น จำกัด ให้ความอนุเคราะห์ กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 15 คน

ขอขอบคุณคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ให้ความอนุเคราะห์ในการใช้อุปกรณ์ และสถานที่ในการทำงานวิจัย

ขอขอบคุณทุนอุดหนุนวิทยานิพนธ์ 90 ปี จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ที่สนับสนุนทุน ทรัพย์ในงานวิจัยครั้งนี้ส่งผลให้งานวิจัยฉบับนี้ สำเร็จลุล่วงไปได้ด้วยดี



สารบัญ

หน้า

บทคัดย่อภาษาไทย	ง
บทคัดย่อภาษาอังกฤษ.....	จ
กิตติกรรมประกาศ.....	ฉ
สารบัญ.....	ช
สารบัญตาราง.....	ญ
สารบัญแผนภูมิ	ฎ
สารบัญรูป	ฏ
บทที่ 1 บทนำ.....	1
ความสำคัญและความเป็นมา.....	1
วัตถุประสงค์ของการวิจัย	3
สมมติฐานการวิจัย	4
ขอบเขตในการวิจัย.....	4
ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย	4
คำจำกัดความการวิจัย	4
ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ.....	5
บทที่ 2 เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง	6
คุณสมบัติของน้ำ	6
ปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วในการเคลื่อนไหวในน้ำ	8
อุโมงค์น้ำ (Swimming Flume)	9
คุณสมบัติ Swimming Flume.....	9
การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับอุโมงค์น้ำ (Swimming Flume).....	10
นิยามของ Electromyography (EMG).....	10

คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Electromyography (EMG)	11
ประโยชน์ในการใช้งานของ EMG	11
กระแสประสาทสั่งการหรือมอเตอร์ยูนิต (Motor Unit)	11
ประสิทธิภาพในการทำงานของกล้ามเนื้อ (The action potential).....	13
แนวคิดในการทำให้มาตรฐาน Maximum Voluntary Contraction (MVC).....	15
ตัวแปรในการวิเคราะห์ข้อมูล EMG	16
การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG ในนักกีฬาว่ายน้ำ	19
กีฬาว่ายน้ำ (Swimming).....	20
ท่าว่ายน้ำหลักที่ใช้ในการแข่งขัน	22
ชีวกลศาสตร์ของการว่ายน้ำท่าครอว์ล	23
ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการว่ายน้ำและจังหวะของการดึงแขน	25
สรุปการทบทวนวรรณกรรม	26
กรอบแนวคิดของการวิจัย	28
บทที่ 3 วิธีการดำเนินการวิจัย	29
กลุ่มตัวอย่าง.....	29
เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย	29
เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย	30
เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิจัย	30
ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย	32
การวิเคราะห์ข้อมูล	35
บทที่ 4 ผลการวิเคราะห์ข้อมูล	36
บทที่ 5 อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ	49
ผลการวิจัยพบว่า	49

อภิปรายผลการวิจัย.....	50
สรุปผลการวิจัย.....	55
ข้อเสนอแนะจากการวิจัย.....	55
รายการอ้างอิง.....	56
ภาคผนวก.....	60
ภาคผนวกที่ 1 แบบสอบถามข้อมูลผู้เข้าร่วมโครงการ.....	61
ภาคผนวกที่ 2 แบบบันทึกข้อมูล.....	62
ภาคผนวกที่ 3 แบบบันทึกข้อมูล EMG,MVC.....	63
ภาคผนวกที่ 4 แสดงตำแหน่งในการติด Electrode.....	64
ภาคผนวกที่ 5 การทดสอบ Maximal Voluntary Contraction: MVC.....	65
ภาคผนวกที่ 6 ตารางการทดสอบการว่ายน้ำท่าครอลของกุ่มตัวอย่าง.....	73
ภาคผนวกที่ 7 รูปภาพการติด Electrode และขณะทำการทดสอบว่ายน้ำท่าครอล.....	74
ภาคผนวกที่ 8 วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล EMG โดยโปรแกรม EMG and Motion tools.....	78
ภาคผนวกที่ 9 ใบรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย.....	83
ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์.....	88

สารบัญตาราง

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยเกณฑ์ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้	36
ตารางที่ 2 แสดงผล ANOVA อัตราส่วนระหว่างการหดตัวของกล้ามเนื้อของคลื่นไฟฟ้า EMG สูงสุด (EMG Maximum) และค่า EMG สูงสุดที่วัดได้ขณะเกร็งกล้ามเนื้อเต็มที่ (MVC) (Maximum Intensity) ในการว่ายน้ำด้วยความเร็ว 3 ระดับ.....	37
ตารางที่ 3 แสดงอัตราส่วนระหว่างการหดตัวของกล้ามเนื้อของคลื่นไฟฟ้า EMG สูงสุด (EMG Maximum) และค่า EMG สูงสุดที่วัดได้ขณะเกร็งกล้ามเนื้อเต็มที่ (MVC) (EMG Maximum/MVC) ในการว่ายน้ำด้วยความเร็ว 3 ระดับ	37
ตารางที่ 4 แสดง ANOVA ระยะเวลาจากจุดเริ่มสัญญาณ EMG ไปยัง จุดสูงสุดของ EMG (Time to Peak) ในการว่ายน้ำด้วยความเร็ว 3 ระดับ.....	40
ตารางที่ 5 แสดงระยะเวลาจากจุดเริ่มสัญญาณ EMG ไปยัง จุดสูงสุดของ EMG (Time to Peak) ในการว่ายน้ำด้วยความเร็ว 3 ระดับ.....	40
ตารางที่ 6 แสดง ANOVA อัตราการเพิ่มของ EMG (Rate of Development) ในการว่ายน้ำด้วยความเร็ว 3 ระดับ.....	43
ตารางที่ 7 แสดงอัตราการเพิ่มของ EMG (Rate of Development) ในการว่ายน้ำด้วยความเร็ว 3 ระดับ.....	43
ตารางที่ 8 แสดง ANOVA เวลาการเกิดสัญญาณ EMG (Onset Latency) เมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อมัดแรกที่เกิดสัญญาณ (Pectorais Major) ในการว่ายน้ำท่าควอลด้วยความเร็ว 3 ระดับ.....	46
ตารางที่ 9 แสดงเวลาการเกิดสัญญาณ EMG (Onset Latency) เมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อมัดแรกที่เกิดสัญญาณ (Pectorais Major) ในการว่ายน้ำท่าควอลด้วยความเร็ว 3 ระดับ.....	46

สารบัญแผนภูมิ

แผนภูมิที่ 1 แสดงแผนภูมิของอัตราส่วนระหว่างการหดตัวของกล้ามเนื้อของคลื่นไฟฟ้า EMG สูงสุด (EMG Maximum) และค่า EMG สูงสุดที่วัดได้ขณะเกร็งกล้ามเนื้อเต็มที่ (MVC) (Maximum Intensity) ในการว่ายน้ำด้วยความเร็ว 3 ระดับ.....	38
แผนภูมิที่ 2 แสดงแผนภูมิระยะเวลาจากจุดเริ่มสัญญาณ EMG ไปยัง จุดสูงสุดของ EMG (Time to Peak) ในการว่ายน้ำด้วยความเร็ว 3 ระดับ.....	41
แผนภูมิที่ 3 แสดงแผนภูมิอัตราการเพิ่มของ EMG (Rate of Development) ในการว่ายน้ำด้วยความเร็ว 3 ระดับ.....	44
แผนภูมิที่ 4 แสดงแผนภูมิเวลาการเกิดสัญญาณ EMG (Onset Latency) เมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อมัดแรกที่เกิดสัญญาณ (Pectoralis Major) ในการว่ายน้ำท่าคอรวัลด้วยความเร็ว 3 ระดับ.....	47



สารบัญรูป

รูปที่ 1 แสดงแรงลอยตัว (Hall et al., 2005).....	7
รูปที่ 2 แสดงแรงดันของน้ำ (Hall et al., 2005).....	7
รูปที่ 3 แสดงลักษณะของ Motor unit (Konrad, 2005).....	12
รูปที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงที่เส้นประสาทส่วนปลาย (Konrad, 2005).....	12
รูปที่ 5 แสดงความต่างศักย์ในการทำของกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็ว (Konrad, 2005).....	13
รูปที่ 6 แสดง Motor Unit Action Potential (Konrad, 2005).....	13
รูปที่ 7 แสดงตำแหน่งของ superposed (Konrad, 2005).....	14
รูปที่ 8 แสดงการ MVC-Normalization (Konrad, 2005).....	15
รูปที่ 9 แสดงการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด (Konrad, 2005).....	16
รูปที่ 10 แสดงการคำนวณหา Time to Peak (Konrad, 2005).....	17
รูปที่ 11 แสดงการเกิด Onset Latency (Konrad, 2005).....	18
รูปที่ 12 ช่วงการเคลื่อนไหวขณะว่ายน้ำท่า Crawl Stroke (Osborough et al., 2010).....	23
รูปที่ 13 แสดงการดึงแขนในลักษณะรูปตัว S (Coty et al., 2007).....	24
รูปที่ 14 อุโมงค์น้ำหรือ Swimming Flume.....	30
รูปที่ 15 กล้องบันทึกภาพ (Fuji film XE2 Made in japan).....	31
รูปที่ 16 ตารางเปรียบเทียบอัตราเร็วในการว่ายน้ำ.....	31
รูปที่ 17 เครื่องรับสัญญาณ EMG.....	31
รูปที่ 18 อิเล็กโทรด.....	32
รูปที่ 19 ตำแหน่งการติด Electrode ด้านหน้าและด้านหลังของร่างกาย.....	64
รูปที่ 20 แสดงการทดสอบของกล้ามเนื้อ Anterior Deltoid.....	65
รูปที่ 21 แสดงการทดสอบของกล้ามเนื้อ Posterior Deltoid.....	66
รูปที่ 22 แสดงการทดสอบของกล้ามเนื้อ Pectoralis Major.....	67

รูปที่ 23 แสดงการทดสอบกล้ามเนื้อ Middle Trapezius	68
รูปที่ 24 แสดงการทดสอบกล้ามเนื้อ Rectus Abdominis.....	69
รูปที่ 25 แสดงการทดสอบกล้ามเนื้อ Erector Spinae	70
รูปที่ 26 แสดงการทดสอบกล้ามเนื้อ Vastus Medialis	71
รูปที่ 27 แสดงการทดสอบกล้ามเนื้อ Biceps Femoris.....	72
รูปที่ 28 ทำการติด Electrode ให้ตรงกับกล้ามเนื้อที่จะทำการทดสอบจำนวน 8 มัดกล้ามเนื้อ	74
รูปที่ 29 เปิดความเร็วน้ำที่ 1.0 m/s เพื่อให้ นักกีฬาทำการ Warm Up.....	74
รูปที่ 30 นักกีฬาให้สัญญาณก่อนที่จะเริ่มการที่เริ่มการทดสอบ ความเร็ว 0.5 m/s.....	75
รูปที่ 31 นักกีฬาทำการทดสอบโดยว่ายน้ำท่าครอว์ลด้วยความเร็ว 0.5 m/s	75
รูปที่ 32 นักกีฬาทำการทดสอบว่ายน้ำท่าครอว์ลด้วยความเร็ว 1.0 m/s.....	76
รูปที่ 33 นักกีฬาทำการทดสอบว่ายน้ำท่าครอว์ลด้วยความเร็ว 1.5 m/.....	76
รูปที่ 34 แต่ละความเร็ว นักกีฬาทำการพัก 5 นาที พร้อมกับทำการบันทึกข้อมูลการว่ายน้ำในแต่ละความเร็ว	77

บทที่ 1

บทนำ

ความสำคัญและความเป็นมา

การออกกำลังกายในน้ำมีความแตกต่างจากการออกกำลังกายบนบกเนื่องจาก น้ำมีคุณสมบัติที่แตกต่างออกไป ได้แก่แรงลอยตัว (Buoyancy) หมายถึงแรงที่เกิดจากความหนาแน่นของน้ำที่มากกว่าความหนาแน่นของร่างกาย จึงทำให้ร่างกายเมื่ออยู่ในน้ำจะมีแรงในทิศขึ้น เพื่อยกส่วนของร่างกายให้ลอยขึ้น ความดันน้ำ (Hydrostatic Pressure) หมายถึงแรงดันของน้ำที่ระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น ความดันที่มากที่สุดคือที่ด้านล่างซึ่งเกิดจากน้ำหนักของน้ำจากด้านบน และความหนืด (Viscosity) หมายถึงความหนืดของของเหลวที่เป็นแรงต้านทานในชั้นของของเหลว เกิดจากการจับกันของโมเลกุลของน้ำดังนั้นเมื่อวัตถุไหลผ่านน้ำจะส่งผลทำให้เกิดแรงต้านทานต่อการไหล ซึ่งคุณภาพความหนืดของน้ำสามารถช่วยให้ใช้ได้อย่างมีประสิทธิภาพในการเป็นสื่อกลางแรงต้านทาน (Hall et al., 2005) โดยการออกกำลังกายในน้ำส่วนใหญ่จะอาศัยคุณสมบัติด้านความหนืดของน้ำในการสร้างแรงต้านขณะออกกำลังกายเพื่อเพิ่มความแข็งแรงหรือเพิ่มกำลังของกล้ามเนื้อ โดยให้มีการเคลื่อนไหวผ่านน้ำด้วยความเร็วที่ต่างกัน จากการศึกษาที่ผ่านมาพบว่าเมื่อมีการไหลของน้ำในความเร็วที่แตกต่างกันมีผลทำให้ตัวแปรทางชีวกลศาสตร์มีการเปลี่ยนแปลงไปเช่นช่วงการดึงแขนไม่เท่ากัน เนื่องจากการไหลของน้ำส่งผลให้ความเร็วในการเคลื่อนไหวในน้ำแตกต่างกันด้วย (Schnitzler et al., 2011) โดยสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nikodelis และคณะ (Nikodelis et al., 2005) ที่พบว่าความสัมพันธ์ของการประสานงานของช่วงการดึงแขนที่มีประสิทธิภาพของแขนทั้งสองข้างนั้นจะช่วยเสริมแรงในการว่ายน้ำให้มีความเร็วมากขึ้น

กีฬาว่ายน้ำเป็นกีฬาที่แข่งขันในด้านความเร็ว การแข่งขันกีฬาว่ายน้ำ จะจัดแข่งขันกัน 4 ท่า ได้แก่ ท่าครอว์ล ท่ากบ ท่ากรรเชียง และท่าผีเสื้อ โดยท่าครอว์ลจัดเป็นท่าพื้นฐานที่เรียนรู้ง่าย และมีความเร็วในการว่ายน้ำสูง ซึ่งความเร็วในการว่ายน้ำนั้นจะถูกกำหนดโดยความสามารถในการที่จะสร้างแรงในการผลักและลดแรงต้านในการหมุนแขนไปด้านหน้า โดยการสร้างแรงเคลื่อนที่ไปด้านหน้าส่วนใหญ่เกิดจากการดึงแขนมากถึง 85% (Coty et al., 2007) และอาศัยความสัมพันธ์กันในการเคลื่อนไหวของแขน ลำตัวและขาเป็นส่วนสำคัญ เพื่อเคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยความเร็วและเกิดแรงต้านทานของกระแสน้ำให้น้อยที่สุด ซึ่งการดึงแขนในท่าครอว์ล แบ่งได้เป็น 4 ช่วงต่อการดึงแขน 1 ครั้ง คือ ช่วงที่ 1 ดึงแขนออกด้านข้าง (Entry and Catch) ช่วงที่ 2 ดึงแขนเข้าหาลำตัว (Pull phase) ช่วงที่ 3 ดันแขนขึ้น (Push phase) และช่วงที่ 4 แขนพ่นน้ำกลับคืนสู่ช่วงเริ่มต้น (Recovery phase) (Luttgens

et al., 1997) จากการศึกษาท่าทางการว่ายน้ำท่าครอว์ล พบว่าเมื่อว่ายน้ำด้วยความเร็วเพิ่มขึ้น จะมีการปรับเปลี่ยนท่าทางการว่ายน้ำโดยขั้นตอนดึงแขนเข้าหาลำตัวและขั้นตอนการดันแขนขึ้นด้วยความเร็วและการจับน้ำที่ตี ทำให้เคลื่อนที่ไปข้างหน้าด้วยความเร็ว (G.Psycharakis et al., 2008) ไม่เพียงเท่านั้นในการว่ายน้ำยังอาศัยความสัมพันธ์ของวงจรการดึงแขนของทั้งสองข้างคือ อัตราการดึงแขน (Stroke Rate: SR) และความยาวของการดึงแขน (Stroke Length: SL) (Schnitzler et al., 2011) นอกจากนี้พบว่าเมื่อว่ายน้ำเร็วขึ้นจะมีการลดลงของอัตราการดึงแขนแต่มีความยาวของการดึงแขนเพิ่มขึ้น (Alberty et al., 2011) ในการศึกษาความสัมพันธ์ของการเคลื่อนไหว (Index of Coordination: IDC) คือ ตัวแปรที่เกิดจาก (Stroke Rate: SR) และ (Stroke Length: SL) โดยเมื่อว่ายน้ำท่าครอว์ลด้วยความเร็วเพิ่มขึ้น IDC จะมีการเปลี่ยนแปลงโดยมีการลดลงของอัตราการดึงแขนร่วมกับมีความยาวของการดึงแขนเพิ่มขึ้น ดังนั้นการว่ายน้ำท่าครอว์ลให้ได้ความเร็วสูงจึงขึ้นอยู่กับ การเคลื่อนไหวของแขนเป็นหลัก แต่อย่างไรก็ตามการเคลื่อนไหวของขาที่มีประสิทธิภาพ ก็มีส่วนสำคัญในการเสริมความเร็วในการว่ายน้ำท่าครอว์ลด้วยเช่นกัน โดยการเคลื่อนไหวของขาขณะว่ายน้ำท่าครอว์ลนี้ เป็นการเคลื่อนไหวแบบเตะกระพือ สลับกับซ้ายขวา เรียกว่า Flutter-Kick เพื่อให้ร่างกายเกิดการสมดุลโดยช่วยพยุงลำตัวให้ลอยเป็นระนาบเดียวกัน โดยมีการเคลื่อนไหวเป็นจังหวะคือจังหวะขึ้น (Upward) และจังหวะลง (Downward) การเคลื่อนไหวของจังหวะขึ้นและลงนั้นจะมีระยะห่างประมาณ 1-2 ฟุต ซึ่งการเตะขาในท่าครอว์ลอย่างมีประสิทธิภาพสามารถเพิ่มความเร็วในการว่ายน้ำได้ประมาณ 9% โดยการเตะกระพือของขาจะทำงานประสานสัมพันธ์กันกับการเคลื่อนไหวของแขน เพื่อให้สามารถเคลื่อนที่ไปในน้ำได้อย่างรวดเร็ว (Gatta et al., 2012)

การว่ายน้ำที่เร็ว นอกจากจะต้องว่ายน้ำด้วยท่าทางที่ถูกต้อง รวมถึงการเคลื่อนไหวของแขน ลำตัว และขาได้อย่างประสานสัมพันธ์กันแล้ว การเคลื่อนไหวที่ทรงพลังก็เป็นสิ่งที่ไม่น้อยไปกว่ากัน โดยการเคลื่อนไหวที่ทรงพลังเกิดจากการทำงานของกล้ามเนื้อที่ส่งผ่านแรงมายังส่วนต่างๆ ของร่างกายเพื่อให้มีการเคลื่อนไหวท่าทางที่มีประสิทธิภาพ ดังนั้นความหนักของกล้ามเนื้อ ระยะเวลาในการออกแรงของกล้ามเนื้อสูงสุด ประสิทธิภาพในการทำงานของกล้ามเนื้อ ความเร็วของการหดตัวของกล้ามเนื้อและลำดับการทำงานของกล้ามเนื้อจึงเป็นสิ่งสำคัญในการส่งถ่ายแรงของกล้ามเนื้อ แต่ละมัดของร่างกายเพื่อส่งเสริมการเคลื่อนไหวให้มีประสิทธิภาพยิ่งขึ้น โดย Piette และ Clarys (Piette & Clarys, 1979) กล่าวว่ากล้ามเนื้อ Pectoralis Major เป็นกล้ามเนื้อหลักที่ใช้ในการว่ายน้ำท่าครอว์ล โดยกล้ามเนื้อ Pectoralis Major จะเริ่มทำงานในขั้นตอนการดึงแขนในช่วง (Entry Phase) จากนั้นกล้ามเนื้อแขนจะเริ่มทำงาน ส่วนกล้ามเนื้อขาจะเริ่มทำงานในลำดับสุดท้ายเพื่อใช้ในการพยุงตัวให้ลอยอยู่บนผิวน้ำ แต่จากการศึกษาของ Gatta และคณะ (Gatta et al., 2012) ได้กล่าวว่ากล้ามเนื้อขามีส่วนสำคัญในการเคลื่อนที่ไปด้านหน้าอย่างรวดเร็ว โดยได้ศึกษาถึงความหนักของ

กล้ามเนื้อ ระยะเวลาในการออกแรงของกล้ามเนื้อสูงสุด ประสิทธิภาพในการทำงานของกล้ามเนื้อ ความเร็วของการหดตัวของกล้ามเนื้อและลำดับการทำงานของกล้ามเนื้อ ซึ่งสามารถศึกษาได้จาก ลำดับการส่งกระแสประสาทสั่งการเพื่อควบคุมการเคลื่อนไหว (Motor Unit Action Potential: MUAP) สามารถตรวจวัดได้จากการรับ EMG ของกล้ามเนื้อมัดแต่ละมัด เมื่อมีการเปลี่ยนแปลงของ EMG จากระดับพื้นฐาน (Base line) จะถือว่าเป็นการเริ่มมีกระแสประสาทสั่งการ เรียกว่า Onset Latency ซึ่งสามารถบ่งบอกถึงการเริ่มทำงานของกล้ามเนื้อมัดนั้น โดย Milosevic และคณะ (Milosevic et al., 2016) ได้ศึกษาการวิเคราะห์ลำดับเวลาในการตอบสนองของกล้ามเนื้อลำตัวต่อ สิ่งเร้าด้วย EMG พบว่าเมื่อมีการคาดการณ์ล่วงหน้าต่อสิ่งเร้า กล้ามเนื้อลำตัวจะมีการตอบสนองต่อสิ่ง เร้าในลำดับกลาง คือมีการเหยียดลำตัวขึ้นเพื่อตอบสนองต่อสิ่งเร้า และยังสามารถวิเคราะห์จากการ รับสัญญาณ EMG ของกล้ามเนื้อมัดนั้น เพื่อหาความหน่วงในการออกแรงของแต่ละมัดกล้ามเนื้อ

จากที่กล่าวมาข้างต้น พบว่า การว่ายน้ำท่าครอลด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน ส่งผลให้จังหวะ ในการว่ายน้ำเปลี่ยนแปลงไป แต่อย่างไรก็ตามยังไม่พบงานวิจัยใดกล่าวถึงการหดตัวของกล้ามเนื้อ สูงสุด (Maximum Intensity), ระยะเวลาของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Time to Peak), อัตราส่วนของ คลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ (RED: Rate of EMG Development) และลำดับการทำงานของกล้ามเนื้อ (Onset Latency) ว่าเมื่อมีการปรับเปลี่ยนจังหวะในการว่ายน้ำนั้น เกิดจากการปรับเปลี่ยน Maximum Intensity, Time to Peak, RED และ Onset Latency ร่วมด้วย หรือเพียงการ เปลี่ยนอัตราส่วนของการเคลื่อนไหวในช่วงการเคลื่อนไหวต่างๆ เท่านั้น ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจการ หดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด (Maximum Intensity), ระยะเวลาของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Time to Peak), อัตราส่วนของคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ (RED: Rate of EMG Development) และลำดับการ ทำงานของกล้ามเนื้อ (Onset Latency) ของกล้ามเนื้อขณะว่ายน้ำด้วยความเร็วต่างๆ โดยการ กำหนดความเร็วของการว่ายน้ำซึ่งควบคุมจากความเร็วการไหลของน้ำในอุโมงค์น้ำ เพื่อศึกษาการ ตอบสนองของนักกีฬาว่ายน้ำที่ถูกกำหนดความเร็วในการว่ายน้ำท่าครอลที่ความเร็วต่างๆกัน เพื่อที่จะเป็นข้อมูลในการพัฒนาการออกแบบโปรแกรมการฝึกเพิ่มความเร็วในการว่ายน้ำในท่าครอล ได้

วัตถุประสงค์ของการวิจัย

เพื่อศึกษาผลของความเร็วการไหลของน้ำในอุโมงค์น้ำต่อคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของการว่ายน้ำ ท่าครอลในนักกีฬาว่ายน้ำสมัครเล่น

สมมติฐานการวิจัย

ผลของความเร็วต่อคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อของการเคลื่อนไหวขณะว่ายน้ำท่าครอว์ล ในนักกีฬาว่ายน้ำน้ำโดยที่กล้ามเนื้อที่ออกแรงในการดึงแขนและเตะขา มีการทำงานของกล้ามเนื้อที่แตกต่างกัน

ขอบเขตในการวิจัย

การวิจัยครั้งนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experimental Research) โดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้จะทำการคัดเลือกแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) คือ นักกีฬาว่ายน้ำท่าครอว์ล เพศชายสมัครเล่น อายุ 18-25 ปี

ตัวแปรที่ใช้ในการวิจัย

ตัวแปรต้น คือ ความเร็วของกระแสน้ำที่ไหลในอุโมงค์น้ำ

ตัวแปรตาม คือ

1. Maximum Intensity
2. Time to Peak EMG
3. Rate of EMG Development: RED
4. Onset Latency

คำจำกัดความการวิจัย

Maximum Intensity คือ อัตราส่วนการหดตัวของกล้ามเนื้อของคลื่นไฟฟ้า EMG สูงสุด ซึ่งวัดจากกราฟสูงสุดของการทำงานของกล้ามเนื้อมัดนั้น เทียบกับ กับค่า Maximal Voluntary Contraction: MVC

Time to Peak EMG คือ ระยะเวลาระหว่างจุดเริ่มต้นที่เกิดสัญญาณ EMG ถึงเวลาการเกิดกระแส EMG สูงสุด หน่วยเป็น m.sec

Rate of EMG Development: RED คือ อัตราส่วนของกระแสไฟฟ้ากล้ามเนื้อในแต่ละมัด ซึ่งวัดจากผลต่างของค่าการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดและค่าเฉลี่ยเริ่มต้นของ EMG กับระยะเวลาของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อสูงสุด หน่วยเป็น volt/m.sec

Onset Latency คือ เวลาที่ EMG Maximum Intensity เพิ่มขึ้นจากระดับค่าเฉลี่ย +1 Standard Deviation ของระดับ (Base Line) ก่อนการเพิ่มขึ้นของ EMG โดยเวลาที่ได้เทียบกับ Onset Latency ของกล้ามเนื้อมัดแรกที่พบในช่วง Entry and Catch

ประโยชน์ที่คาดว่าจะได้รับ

คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อเนื่องจากการวิจัยนี้สามารถใช้เป็นแนวทางในการวางโปรแกรมการฝึกเพิ่มพัฒนาความสามารถของกล้ามเนื้อหลักในการว่ายน้ำที่ความเร็วสูงได้ ส่งผลให้นักกีฬาสามารถพัฒนาความเร็วในการว่ายน้ำท่าครอว์ลได้



บทที่ 2

เอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้อง

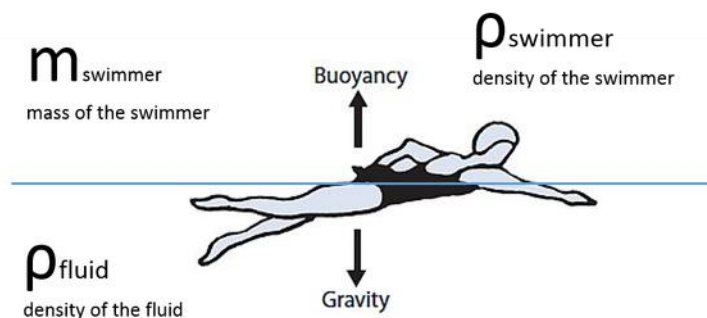
ผู้วิจัยได้ทำการศึกษาเรื่องผลของความเร็วกการไหลของน้ำในอุโมงค์น้ำต่อชีวกลศาสตร์ของการว่ายน้ำท่าครอว์ล ในนักกีฬาว่ายน้ำระดับมหาวิทยาลัย จึงได้รวบรวมเอกสารและงานวิจัยที่เกี่ยวข้องไว้เป็นข้อมูลในการศึกษาค้นคว้า วิจัย ซึ่งพอสรุปได้ดังนี้

1. คุณสมบัติของน้ำ
2. ปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วในการเคลื่อนไหวในน้ำ
3. อุโมงค์น้ำ (Swimming Flume)
4. คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography: EMG)
5. กีฬาว่ายน้ำ (Swimming)
6. ชีวกลศาสตร์ของการว่ายน้ำท่าครอว์ล
7. ผลของความเร็วน้ำต่อความเร็วในการว่ายน้ำท่าครอว์ล

คุณสมบัติของน้ำ

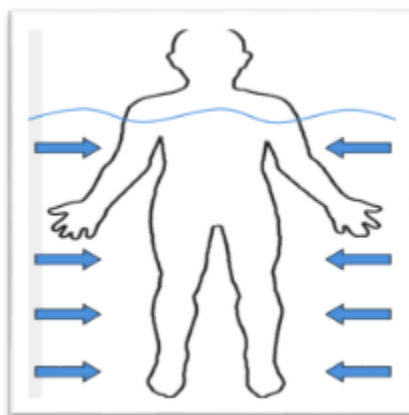
1. แรงลอยตัว (Buoyancy) คือ แรงที่พยุงวัตถุที่อยู่ในน้ำให้ลอยตัวบนผิวน้ำโดย Turner (Turner, 1979) อ้างถึง หลักการของอาร์คิมิดีส (Archimedes) กล่าวว่า ร่างกายที่อยู่หนึ่งในน้ำจะมีแรงดันของน้ำขนาดเท่ากับน้ำหนักของร่างกายส่วนที่แช่ในน้ำ เนื่องจากแรงที่กดลงในน้ำมากกว่า ซึ่งเป็นผลมาจากแรงโน้มถ่วงของโลกและน้ำหนักตัว ดังนั้นแต่ละบุคคลจะมีแรงดันของน้ำในสระว่ายน้ำแตกต่างกันออกไป รวมถึงความหนาแน่นสัมพัทธ์ของน้ำ ได้แก่ ความลึกของน้ำ แรงโน้มถ่วงเฉพาะจุด และแรงโน้มถ่วงจำเพาะของวัตถุ (หรือแต่ละบุคคล) ซึ่งแรงโน้มถ่วงจำเพาะของน้ำอยู่ที่ประมาณ 1 g/cm^3 หากมีแรงโน้มถ่วงจำเพาะของน้ำมากกว่า 1 g/cm^3 วัตถุจะจมลงและสามารถลอยตัวได้น้อย ซึ่งเป็นคุณสมบัติพื้นฐานทางวิทยาศาสตร์สำหรับการชั่งน้ำหนักใต้น้ำ เพื่อตรวจสอบองค์ประกอบของร่างกาย แรงโน้มถ่วงที่เฉพาะเจาะจงของบุคคลคือความสัมพันธ์ระหว่างมวลร่างกายและไขมันร่างกาย กล่าวคือบุคคลที่มีมวลร่างกายมากเมื่อเทียบปริมาตรน้ำที่เท่ากันจะมีแนวโน้มจมลงและผู้ที่ไขมันร่างกายมากเมื่อเทียบปริมาตรน้ำที่เท่ากันจะมีแนวโน้มที่สามารถลอยในน้ำได้ ความแตกต่างเหล่านี้สามารถสร้างความสมดุลโดยการใช้ความลึกของน้ำที่เหมาะสมหรืออุปกรณ์ที่ช่วยในการลอยตัว แรงลอยตัวคือแรงดันขึ้นที่กระทำต่อนักกีฬาว่ายน้ำในขณะที่อยู่ในน้ำ แรงดันใต้น้ำจะมากกว่าแรงดันเหนือน้ำทำให้นักว่ายน้ำสามารถลอยตัวได้ ซึ่งบนผิวน้ำจะมีแรงต้านทานของน้ำน้อยกว่าแรงต้านทานในอากาศ จึงทำให้ลอยตัวอยู่ใกล้กับพื้นผิวเพื่อให้นักกีฬาว่ายน้ำลอยตัวได้ ซึ่งแรงลอยตัวของนักกีฬาว่ายน้ำต้องมากกว่าหรือเท่ากับน้ำหนักของน้ำ

นักว่ายน้ำใช้ร่างกายส่วนบนของตนเองเป็นศูนย์กลางการลอยตัวของร่างกายเนื่องจากมีพื้นที่สัมผัสมาก การใช้ร่างกายส่วนบนอย่างมีประสิทธิภาพเนื่องจากร่างกายส่วนล่างจมลงและไม่มีน้ำหนักคล่องตัว นักว่ายน้ำต้องขนานกับผิวน้ำ เพราะหน้าอกจะถูกกดลงและทำให้สะโพกลอยขึ้น ซึ่งน้ำมีความหนาแน่นมากกว่าอากาศและทำให้นักว่ายน้ำสามารถลอยตัวได้



รูปที่ 1 แสดงแรงลอยตัว (Hall et al., 2005)

2. แรงดันของน้ำ (Hydrostatic pressure) คือ แรงดันของน้ำที่ระดับความลึกที่เพิ่มขึ้น คิดเป็นสัดส่วนการเปลี่ยนแปลงของหัวใจและหลอดเลือดมองเห็นได้ด้วยการแช่ลงในน้ำและอ้างว่าเป็นประโยชน์ในการควบคุมอาการบวม น้ำ ภูเขาของ “ปาสคาล” กล่าวว่า ความดันของของเหลวที่มีการกระทำต่อวัตถุอย่างเท่าเทียมกันที่ระดับความลึกที่กำหนดเพิ่มความดันที่มีความหนาแน่นของของเหลวและของความลึก ความดันที่มากที่สุดคือที่ด้านล่างของสระว่ายน้ำเพราะน้ำหนักอยู่ที่เหนือ น้ำ เช่นสระว่ายน้ำอาจเป็นตัวเลือกในการออกกำลังกายที่ดีสำหรับบุคคลที่มีอาการบวมที่ขาหรือมีการบาดเจ็บของข้อต่อ นอกจากนี้แรงดันของน้ำยังมีผลต่อการไหลของเลือดซึ่งจะเปลี่ยนแปลงการเต้นของหัวใจ (Sayliss, 1997)



รูปที่ 2 แสดงแรงดันของน้ำ (Hall et al., 2005)

3. ความหนืดของน้ำ (Viscosity) คือ ความหนืดของน้ำ หรือความเสียดทาน (Friction) ระหว่างโมเลกุลของน้ำ เกิดขึ้นจากการเคลื่อนที่ของน้ำหรือมีการไหลของความหนืดที่มีความต้านทานการไหลของน้ำสูง เช่น น้ำมันที่ไหลได้ช้าเพราะมีความต้านทานมาก ความหนืดเป็นตัวต้านทานการไหล เนื่องจากโมเลกุลของน้ำพยายามยึดติดกับวัตถุหรือร่างกายที่เคลื่อนที่ผ่านจนเกิดการววนวน (Turbulence) ที่ความเร็วระดับหนึ่งและมีความต้านทานมากต่อการเคลื่อนไหว เมื่อน้ำมีอุณหภูมิสูงขึ้นความหนืดจะลดลง (Prentice & Kaminski, 2004)

การเคลื่อนที่ผ่านน้ำ (Movement through water)

คุณสมบัติของน้ำโดยธรรมชาติและอัตราการไหลจัดเป็นคุณสมบัติของอุทกพลศาสตร์ (Hydrodynamic) กล่าวคือ ความสะดวกในน้ำที่ไหลด้วยความเร็ว ลักษณะการไหลของน้ำจะไหลวนบริเวณด้านหลังของวัตถุหรือนักว่ายน้ำขณะเคลื่อนที่ไปข้างหน้า การไหลของน้ำอาจเป็นแบบววนวน (Turbulent) และการไหลแบบแนวกระแส (Streamlined) เป็นการเคลื่อนที่น้ำที่ไหลอย่างช้าๆ ด้วยความเร็วคงที่

ปัจจัยที่มีผลต่อความเร็วในการเคลื่อนไหวในน้ำ

ความเร็วในการเคลื่อนที่

การไหลของน้ำและผลของการเคลื่อนที่ถูกสร้างขึ้นเมื่อการเคลื่อนไหวถึงความเร็วที่สำคัญ การเคลื่อนไหวที่ช้าผ่านน้ำเคลื่อนที่ได้ได้เพียงเล็กน้อย และแรงต้านทานน้อย แรงลอยตัวอาจจะต้านทานอย่างมีนัยสำคัญหรือคุณสมบัติของแรงลอยตัวทำให้เคลื่อนที่ได้ดีกว่าความหนืดในระหว่างการเคลื่อนไหวช้า แต่เมื่อการเคลื่อนไหวอย่างรวดเร็วผ่านน้ำ และแรงต้านทานมากจะพบว่าเป็นสัดส่วนกับความเร็วของการเคลื่อนไหว (Toubekis et al., 2011)

พื้นที่ผิวที่สัมผัสกับน้ำ

นอกเหนือจากการเปลี่ยนแปลงความเร็วของการเคลื่อนไหว แรงต้านทานสามารถแก้ไขได้โดยการเปลี่ยนรูปร่างของวัตถุที่จะให้เกิดกระแสน้ำไหลเชี่ยวมากหรือน้อย อย่างไรก็ตามร่างกายสามารถปรับตำแหน่งที่จะปรับเปลี่ยนหรืออุปกรณ์ที่สามารถเพิ่มการไหลของน้ำ ตัวอย่างเช่นแรงต้านทานน้อยกว่าที่พบว่ามีควมพล้วไหวกว่าในการเดินไปข้างหน้าหรือข้างหลังเพราะรูปร่างที่คล่องตัวมากขึ้นในการเคลื่อนไหวระนาบด้านหน้า ประสิทธิภาพของไหลภายในการดึงแขนส่วนปลายก่อให้เกิดแรงต้านทานน้อยกว่าการออกกำลังกายที่มีประสิทธิภาพกับแขนส่วนกลาง ซึ่งการเพิ่มแรงต้านโดยการใส่ถุงมือ จะเปลี่ยนการจับน้ำของมือน้อยระหว่างที่เป็นส่วนกลางและส่วนที่ยาวที่สุด

เปลี่ยนแปลงพื้นที่ผิวของน้ำและผลของแรงต้านทานนี้จะทำให้มีความหลากหลายของตำแหน่งของแรงต้านทาน จากการศึกษาของไฮโดรโตน (Hydro-Tone Fitness, Inc., Huntington Beach, CA) แรงต้านทานพบว่าทิศทางของพวกเขาและความเร็วของน้ำทั้งสองมีผลกระทบอย่างมีนัยสำคัญในการสร้างแรง แรงที่มากขึ้นประมาณ 50% ในการเคลื่อนที่ที่ 45 องศาเมื่อเทียบกับ 0 องศา ที่ความเร็วที่มีความเร็วมาก ด้วยความเร็วที่ช้าการวางแนวทางสร้างความแตกต่างเล็ก ๆ น้อย ๆ ในการสร้างแรง (Prentice & Kaminski, 2004)

อุโมงค์น้ำ (Swimming Flume)

อุโมงค์น้ำสร้างขึ้นครั้งแรกโดยชาวเยอรมนี ซึ่งมีแนวคิดในการสร้างเพื่อที่จะใช้ในการฝึกซ้อมกีฬาเรือพายในฤดูหนาวซึ่งมีหิมะตกหนาแน่นจนแม่น้ำเป็นน้ำแข็งและมีหิมะปกคลุมหนาแน่น จึงสร้างอุโมงค์น้ำที่อยู่ในห้องที่มีอุณหภูมิที่เหมาะสมขึ้นเพื่อที่จะหนีอากาศที่หนาวเย็นและมีหิมะปกคลุมหนาแน่น จากนั้นจึงมีการฝึกซ้อมของนักกีฬาว่ายน้ำตามมา อุโมงค์น้ำได้ทำการติดตั้งระบบมอเตอร์น้ำไหลจำนวน 3 ตัวและปลายสระด้านหน้าเป็นส่วนของห้องควบคุมการทำงานของมอเตอร์และอุปกรณ์ต่างๆ ที่ใช้ในการวิเคราะห์ข้อมูลในการทำงานวิจัยที่สร้างพื้นฐานขึ้นโดยเฉพาะ และเพื่อให้มั่นใจว่าคุณภาพน้ำดีพอสำหรับการใช้งานอุโมงค์น้ำได้ติดตั้งเครื่องดูดฟองอากาศและระบบกรองเพื่อที่จะทำให้น้ำไม่ขุ่นมัวซึ่งอาจทำให้มีผลกระทบในการมองเห็นไม่ชัดได้ ซึ่งอุโมงค์ตั้งอยู่ภายในอาคารกีฬาของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬาของจุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย ซึ่งเป็นแห่งแรกของประเทศและเอเชียตะวันออกเฉียงใต้

ขนาดของอุโมงค์น้ำ (Swimming Flume)

- ความกว้าง: 2.5 เมตร
- ความลึก: 1.35 เมตร
- ความยาว: 7.0 เมตร

คุณสมบัติ Swimming Flume

อุโมงค์น้ำ หรือ Swimming Flume เป็นสระว่ายน้ำขนาดเล็กที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการออกกำลังกายทางน้ำ โดยอาศัยคุณสมบัติของน้ำในการเพิ่มประสิทธิภาพทางกาย Swimming Flume สามารถใช้ในการทดสอบทางชีวกลศาสตร์การกีฬาและสรีรวิทยาทางการกีฬาของกีฬาทางน้ำ อีกทั้งยังสามารถนำไปใช้ในการออกแบบโปรแกรมการฝึกและฝึกซ้อมของกีฬาทางน้ำ โดยอาศัยความเร็วของการไหลของน้ำเพื่อให้เกิดแรงต้านในระหว่างการฝึกซ้อมได้

ความเร็วน้ำ

- ควบคุมความเร็วน้ำด้วยมอเตอร์รวมทั้งหมด 3 เครื่อง สามารถควบคุมความเร็วได้ระหว่าง 0.01 และ 1.8 เมตร / วินาที
- ความเร็วของน้ำสม่ำเสมอตลอดการทดสอบ

การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับอุโมงค์น้ำ (Swimming Flume)

จากการทบทวนวรรณกรรมพบว่ามีการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับอุโมงค์น้ำในจำนวนที่น้อย จากงานวิจัยของ Schnitzler และคณะ (Schnitzler et al., 2011) ได้ศึกษาเรื่องผลของความเร็วและการเสริมแรงต้านทานที่มีต่อความสัมพันธ์กันและค่าของแรงในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์จะมีผลของการเพิ่มขึ้นของความเร็วและแรงต้านเพื่อเพิ่มอัตราการดัดแขนและความยาวของการดัดแขนในการดูผลของดัชนีความสัมพันธ์การดัดแขนในการเพิ่มขึ้นของตัวแปรต่างๆ ได้หรือไม่ โดยที่ทำการทดสอบจากกลุ่มตัวอย่างที่เป็นนักกีฬาว่ายน้ำระดับชาติอายุตั้งแต่ 17.14 ± 2.73 ปี และมีสถิติการว่ายน้ำท่าครอว์ล 57.67 ± 1.62 วินาทีในระยะ 100 เมตร ในการเพิ่มแรงต้านจะมีการเพิ่มโดยการออกแบบอุปกรณ์พิเศษ คือ รมชูชีพ ติดกับเอวในการว่ายน้ำ และในการทดสอบจะแบ่งออกเป็น 2 กลุ่ม ได้แก่ กลุ่มที่ 1 คือสวมรมชูชีพในการว่ายน้ำเพื่อเพิ่มแรงต้าน และกลุ่มที่ 2 คือกลุ่มที่ว่ายน้ำโดยไม่สวมรมชูชีพ ที่ความเร็วของน้ำ 5 ระดับ และวัดแรงจากถุงมือที่ติดเซนเซอร์วัดแรง พบว่าการเพิ่มความเร็วและการสวมรมชูชีพมีการเพิ่มขึ้นของอัตราการดัดแขน ความยาวการดัดแขน และดัชนีความสัมพันธ์การดัดแขนอย่างมีนัยสำคัญ แต่การทดสอบแรงที่ถุงมือพบว่าไม่มีการเพิ่มขึ้นของแรงในการผลักหรือดัดแขนอย่างมีนัยสำคัญ จากการวิจัยครั้งนี้สามารถนำไปสร้างโปรแกรมการฝึกเพื่อความแข็งแรงด้วยแรงต้านของรมชูชีพในการว่ายน้ำท่าครอว์ลได้

นิยามของ Electromyography (EMG)

อิเล็กโทรไมโอกราฟฟี Electromyography (EMG) เป็นเทคนิคในการทดลองที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนา การบันทึกข้อมูลและวิเคราะห์สัญญาณ Myoelectric ที่เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในสถานะของเยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อ ซึ่งแตกต่างจาก EMG ทางระบบประสาท โดยทั่วไปเป็นการตอบสนองของกล้ามเนื้อเทียม เนื่องจากการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าภายนอกจะถูกวิเคราะห์ในสภาวะคงที่ ซึ่งเน้นที่ Kinesiological EMG สามารถอธิบายได้เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการกระตุ้นกล้ามเนื้อภายในด้านท่าทางการเคลื่อนไหว ประสิทธิภาพในการทำงานและการรักษา / การฝึกกล้ามเนื้อ

คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Electromyography (EMG)

คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ หมายถึง กระแสประสาทสั่งการจากระบบประสาทยนต์ที่ส่งกระแสประสาทลงมาที่กล้ามเนื้อกลุ่มเป้าหมาย เพื่อให้เกิดการเคลื่อนไหวตามที่ต้องการ โดยกระแสประสาทสั่งการหรือ Motor Unit Action Potential (MUAP) ที่ส่งมายังกล้ามเนื้อจะสามารถตรวจรับได้โดยเครื่องมือที่เรียกว่า Electromyography โดยมีวิธีการตรวจวัด 2 วิธี คือ Intramuscular Electromyography: (iEMG) และ Surface Electromyography: (sEMG)

iEMG เป็นวิธีที่มีการบันทึกและวิเคราะห์กล้ามเนื้อที่ลึกลงไป ส่วนใหญ่จะวัดกล้ามเนื้อบริเวณลำตัวที่ไม่มีการเคลื่อนไหวมา แต่เนื่องจากความซับซ้อน มีความรู้สึกไม่สบายของการติดเครื่องมือ และทำให้เคลื่อนไหวร่างกายลำบากจึงไม่นิยมในการทดลองในทางกีฬา

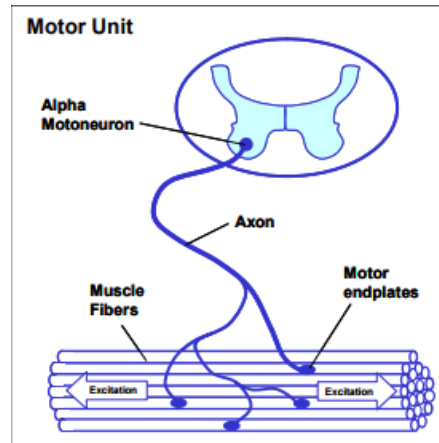
sEMG นักวิจัยนิยมใช้การวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อที่ติดบริเวณพื้นผิวกล้ามเนื้อ ซึ่งมีค่าใช้จ่ายที่ประหยัดกว่า iEMG และมีประสิทธิภาพที่ดีอีกทั้งยังนิยมใช้กับการวัดที่มีการเคลื่อนไหวของร่างกายได้เป็นอย่างดี (Kim et al., 2014)

ประโยชน์ในการใช้งานของ EMG

- EMG ช่วยให้มองเห็นภาพกล้ามเนื้อได้โดยตรง
- ช่วยให้สามารถวัดประสิทธิภาพของกล้ามเนื้อได้
- ช่วยในการตัดสินใจทั้งก่อน / หลังการผ่าตัด
- ข้อมูลเบื้องต้นในการรักษาและฝึกกล้ามเนื้อ
- ช่วยในการวิเคราะห์และเป็นข้อมูลในการฝึกกล้ามเนื้อ
- ช่วยในการวิเคราะห์เพื่อพัฒนากิจการกรมกีฬา
- ตรวจจับการตอบสนองของกล้ามเนื้อในการศึกษาตามหลักสรีรศาสตร์

กระแสประสาทสั่งการหรือมอเตอร์ยูนิต (Motor Unit)

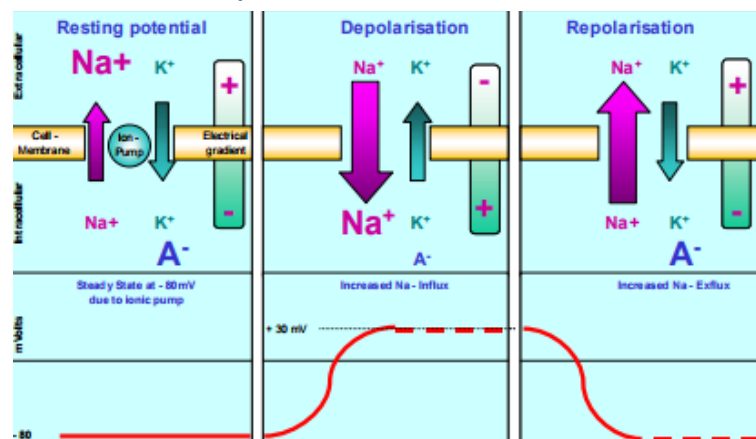
หน่วยการทำงานที่เล็กที่สุดที่อธิบายการควบคุมระบบประสาทของกระบวนการหดตัวของกล้ามเนื้อเรียกว่า กระแสประสาทสั่งการหรือมอเตอร์ยูนิต (รูปที่ 3) ซึ่งกำหนดให้เป็นเซลล์ร่างกายและ dendrites ของเซลล์ประสาทยนต์ ซึ่งแตกออกเป็นหลายกิ่งก้านสาขาของแอกซอน (Axon) และเส้นใยกล้ามเนื้อที่กับเซลล์ประสาทยนต์ เป็นการอธิบายลักษณะการทำงานว่าเส้นใยกล้ามเนื้อทั้งหมดของมอเตอร์ยูนิตกำหนดให้เป็น "หนึ่ง" ของกระบวนการการทำงานของกล้ามเนื้อ (Konrad, 2005)



รูปที่ 3 แสดงลักษณะของ Motor unit (Konrad, 2005)

ความสามารถในการกระตุ้นเยื่อหุ้มสมอง

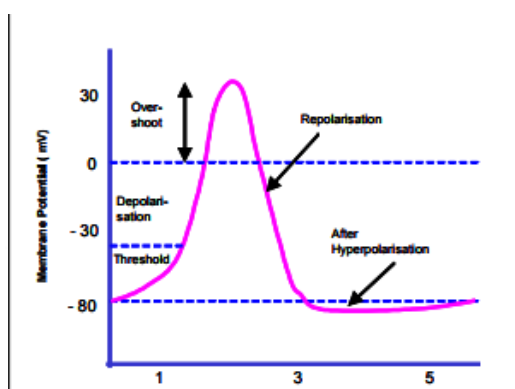
ความสามารถของเส้นใยกล้ามเนื้อในการทำงานผ่านการควบคุมของระบบประสาทเป็นปัจจัยสำคัญในสรีรวิทยาของกล้ามเนื้อ สามารถอธิบายได้จากรูปแบบของพังผืดที่ผ่านการซึมผ่านแบบกึ่งเยื่อซึ่งอธิบายถึงคุณสมบัติทางไฟฟ้าของ sarcolemma ซึ่งมีความสมดุลของไอออนระหว่างช่องว่างภายในและภายนอกของเซลล์กล้ามเนื้อ (ประมาณ -80 ถึง -90 mV เมื่อไม่มีการหดตัวของกล้ามเนื้อ) ความต่างศักย์ได้รับการบำรุงรักษาโดยกระบวนการทางสรีรวิทยา (ไอออนปั๊ม) ส่งผลให้เกิดประจุลบภายในเซลล์เมื่อเทียบกับพื้นผิวภายนอก เป็นการกระตุ้น alpha-motor anterior horn cell (เกิดจากระบบประสาทส่วนกลางหรือการสะท้อน) ส่งผลให้เกิดการกระตุ้นตามเส้นประสาทของมอเตอร์ หลังจากมีการเปลี่ยนแปลงที่เส้นประสาทส่วนปลายแล้ว ความต่างศักย์ของเส้นประสาทส่วนปลายจะเกิดขึ้นบริเวณเส้นใยกล้ามเนื้อจะถูกปรับเปลี่ยนชั่วคราวและไอออนของ Na^+ ไหลเข้า นี่เป็นสาเหตุที่ทำให้ Depolarization ของเมมเบรน (Membrane) ถูกเรียกคืนโดยทันที การแลกเปลี่ยนไอออนภายในกลไกการปั๊มไอออนที่ใช้งานอยู่การทำ Repolarization



รูปที่ 4 แสดงการเปลี่ยนแปลงที่เส้นประสาทส่วนปลาย (Konrad, 2005)

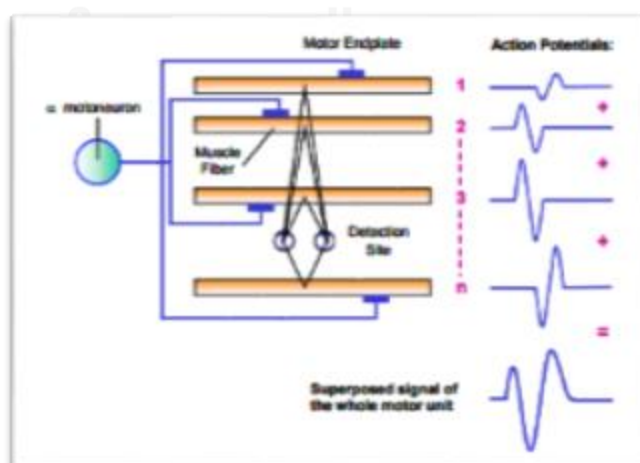
ประสิทธิภาพในการทำงานของกล้ามเนื้อ (The action potential)

ในการไหลเข้าของ Na^+ ถ้ามีค่าเกินเกณฑ์ที่กำหนดไว้ การหลุดของเมมเบรน (Membrane) ทำให้เกิดความต่างศักย์ส่งผ่านการทำงานได้อย่างรวดเร็วเปลี่ยนจาก -80 mV ถึง $+30 \text{ mV}$ (รูปที่ 5) ซึ่งเป็นการกระตุ้นไฟฟ้าที่ได้รับฟื้นฟูทันทีโดยระยะ Repolarization และตามด้วยหลังจากระยะ Hyperpolarization ของเมมเบรน เริ่มต้นจาก Motor end plate และส่งกระจายไปตามเส้นใยกล้ามเนื้อทั้งสองทางทั้งภายในกล้ามเนื้อและภายนอกกล้ามเนื้อผ่านระบบท่อ (Tubular System)



รูปที่ 5 แสดงความต่างศักย์ในการทำงานของกล้ามเนื้ออย่างรวดเร็ว (Konrad, 2005)

เนื่องจากมอเตอร์ยูนิตประกอบไปด้วยเส้นใยกล้ามเนื้อจำนวนมากจะเห็นได้ว่าขนาดของเส้นใยภายในที่อยู่ในมอเตอร์ยูนิตนี้ ขึ้นอยู่กับระยะทางและความละเอียดเชิงพื้นที่ โดยสรุปออกเป็นสามช่วงของการทำงานของมอเตอร์ยูนิต (Motor Unit Action Potential: MUAP) ซึ่งแตกต่างออกไปทั้งรูปแบบและขนาดขึ้นอยู่กับรูปร่างของเส้นใยกล้ามเนื้อในอัตราส่วนกับพื้นที่ของขั้วไฟฟ้า ดังรูปต่อไปนี้

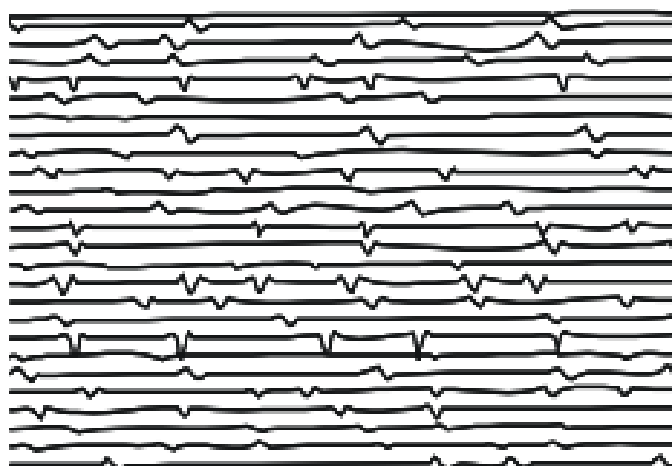


รูปที่ 6 แสดง Motor Unit Action Potential (Konrad, 2005)

ตำแหน่งของ Motor Unit Action Potential (MUAP)

ในการศึกษาทางด้านสรีรวิทยา MUAP สามารถพบได้ทั้งหมดภายใต้ตำแหน่งของอิเล็กโทรด (Electrode) จะถูกจัดให้อยู่ในตำแหน่ง Superposed (รูปที่ 7) และสังเกตว่าเป็นสัญญาณสองขั้วที่มีการกระจายสมมาตรของ Amplitudes บวกและลบ (ค่าเฉลี่ยเท่ากับ 0) เรียกว่ารูปแบบการรบกวน

25 mathematically generated MUAPs



Σ



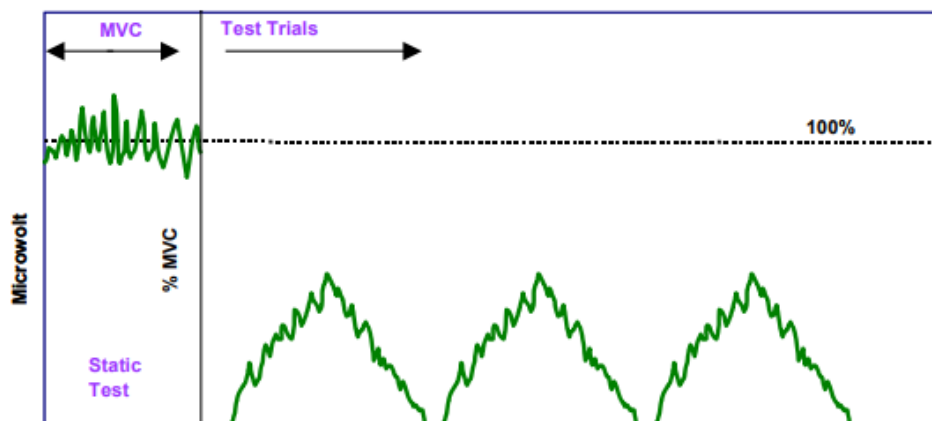
Superposed signal

CHULALONGKORN UNIVERSITY

รูปที่ 7 แสดงตำแหน่งของ superposed (Konrad, 2005)

แนวคิดในการทำให้มาตรฐาน Maximum Voluntary Contraction (MVC)

เป็นวิธีที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือ MVC-Normalization หมายถึงการหัดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดด้วยความตั้งใจก่อนที่จะมีการทดสอบการทำงานของกล้ามเนื้อ ดังรูปต่อไปนี้



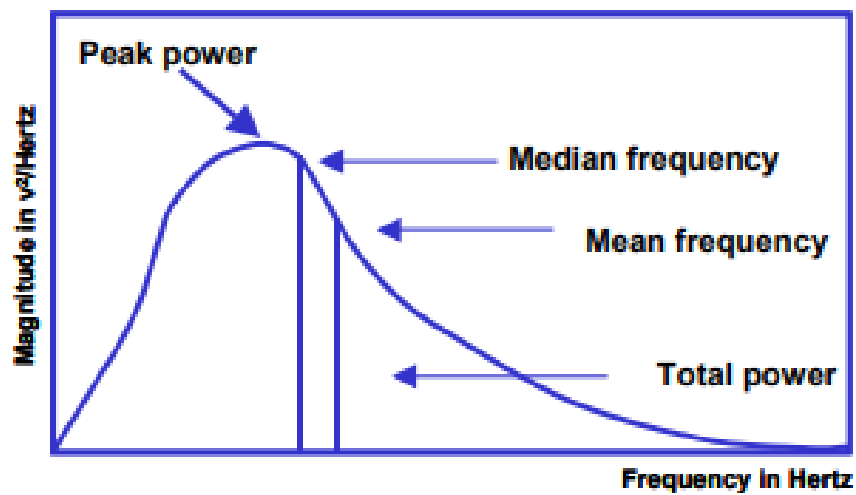
รูปที่ 8 แสดงการ MVC-Normalization (Konrad, 2005)

โดยปกติแล้ว การวัด MVC จะทำการวัดการหดตัวของกล้ามเนื้อที่มีแรงต้านทานคงที่ หากต้องการผลของการหดตัวที่มากที่สุด มุมในการทำงานของร่างกายเป็นส่วนสำคัญในการออกแรงด้าน เพื่อให้ได้ผลที่ดีที่สุด โดยปกติแล้วกลุ่มตัวอย่างอาจจะมีปัญหาในการออกแรงหดตัวของกล้ามเนื้อของ MVC อย่างแท้จริงและไม่ได้ใช้ความพยายามอย่างเต็มที่ และวิธีการวิเคราะห์จะต้องพิจารณา มุ่งเน้นเรื่องการรักษาแนวคิดทางคลินิกจะทำงานได้ด้วยความพยายามสูงสุดที่ยอมรับได้ (AME) ซึ่งทำหน้าที่เป็นแนวทางสำหรับระบบการรักษาแบบมุ่งเน้นทางชีวภาพ

ตัวแปรในการวิเคราะห์ข้อมูล EMG

การหาค่าของกล้ามเนื้อสูงสุด (Maximum Intensity)

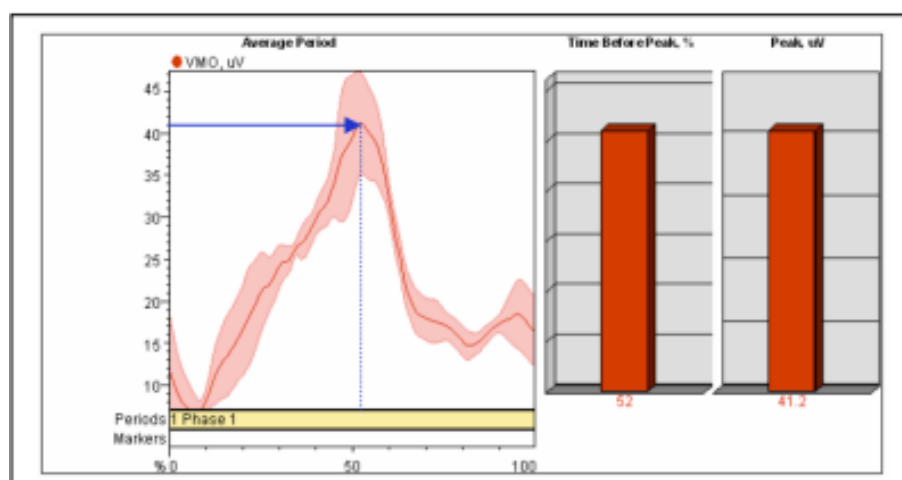
การออกแรงของกล้ามเนื้อสูงสุดคือ ค่าของเส้นโค้งสเปกตรัมพลังงานทั้งหมดเพื่ออธิบายลักษณะความถี่ ในการวิเคราะห์ความถี่ EMG ที่ใช้พารามิเตอร์ที่สำคัญที่สุด คือความถี่เฉลี่ยและมัธยฐานและการเปลี่ยนแปลงของการหดตัวที่ยั่งยืน ซึ่งการหาค่าของกล้ามเนื้อสูงสุด (Intensity) คือ อัตราส่วนการหดตัวของกล้ามเนื้อของคลื่นไฟฟ้า EMG สูงสุด ซึ่งวัดจากกราฟสูงสุดของการทำงานของกล้ามเนื้อเมื่อมันทำการ Normalization กับค่า Maximal voluntary contraction: MVC



รูปที่ 9 แสดงการหาค่าของกล้ามเนื้อสูงสุด (Konrad, 2005)

ระยะเวลาในการทำงานของกล้ามเนื้อสูงสุด (Time to Peak)

เป็นอีกหนึ่งพารามิเตอร์ที่สำคัญของ EMG ระบุถึงลักษณะการจับเวลาภายในสัญญาณ EMG และในส่วนของสัญญาณทางชีวกลศาสตร์หรือการเคลื่อนที่อื่น ๆ วิธีที่ง่ายที่สุดคือการคำนวณ Time to Peak ซึ่งเป็นระยะเวลาตั้งแต่เริ่มต้นของช่วงการวิเคราะห์ (หรือจุดเริ่มต้นของการหดตัว) ไปจนถึงค่าความกว้างสูงสุด พารามิเตอร์นี้มีความสำคัญต่อ อธิบายลักษณะของเส้นโค้งเฉลี่ย ดังรูปต่อไปนี้



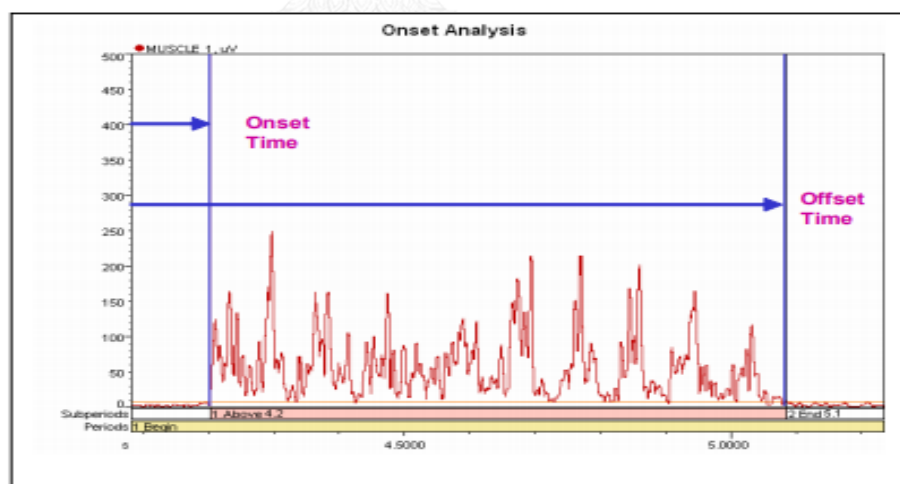
รูปที่ 10 แสดงการคำนวณหา Time to Peak (Konrad, 2005)

อัตราส่วนของกระแสไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Rate of EMG Development: RED)

คือการทำงานของ EMG เบื้องต้นสามารถเห็นระยะเวลาในการพัฒนาแรงการหดตัวของกล้ามเนื้อ ซึ่งเป็นความสัมพันธ์ของการพัฒนาแรงทั้งสองพารามิเตอร์ ได้แก่ การหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด (Peak Power) และ ระยะเวลาในการทำงานของกล้ามเนื้อสูงสุด (Time to Peak) สามารถอธิบายได้ตาม Curvi-Linear: กล่าวคือ เป็นการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดในระยะเวลาที่สั้น หรือเป็นพลังระเบิด

เวลาที่พบการเพิ่มขึ้นของ MUAP จากระดับพื้นฐาน (Onset Latency)

ความคิดหลักของพารามิเตอร์ Onset คือการคำนวณระยะเวลาที่กล้ามเนื้อต้องการที่จะเกิดขึ้นระยะเวลาที่ EMG ใช้ภายในระยะเริ่มต้น (รูปที่ 11) การวิเคราะห์ที่ได้รับความนิยมมากที่สุดคือการวัดความเร็วของเส้นประสาทด้วยแรงกระตุ้นจากภายนอกและคำนวณเวลาตอบสนองต่อการเริ่มต้นของ EMG ขึ้นอยู่กับระยะทางระหว่างสิ่งเร้าและพื้นที่ขั้วบวกรกำหนดความเร็วในการนำอีกชั้น การวิเคราะห์ที่อยู่คำถามประสานงาน "ในการสั่งการไปที่กล้ามเนื้อเริ่มที่จะทำงาน" เริ่มจากตำแหน่งกล้ามเนื้อที่ผ่อนคลายสำหรับการเคลื่อนไหวที่กำหนดจะถูกวิเคราะห์ (Konrad, 2005)



รูปที่ 11 แสดงการเกิด Onset Latency (Konrad, 2005)

การศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG ในนักกีฬาว่ายน้ำ

จากการทบทวนวรรณกรรมยังพบว่ามีการศึกษาที่เกี่ยวข้องกับการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ จากงานวิจัยของ Kim และคณะ (Kim et al., 2014) ได้ศึกษาเรื่องการเปรียบเทียบการกระตุ้นกล้ามเนื้อโดยการวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อและความหนาของกล้ามเนื้อวัดโดยใช้คลื่นเสียงความถี่สูงที่มีประสิทธิภาพในการทดสอบกล้ามเนื้อ

อีกทั้งยังมีงานวิจัยของ Caty และคณะ (Caty et al., 2007) ได้ศึกษาการรักษาเสถียรภาพของข้อมือและแขน Cactivation กล้ามเนื้อในระหว่างการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ โดยทดลองในนักกีฬา ระดับนานาชาติจำนวน 7 คน ทำการติดเครื่องวัดคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อบริเวณแขนด้านขวาของผู้เข้าร่วมการวิจัย โดยติด Surface Electrode บริเวณกล้ามเนื้อ Flexor Carpi Ulnaris (FCU) และ Extensor Carpi Ulnaris (ECU) ในการบันทึกและประมวลผลคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อในการว่ายน้ำท่าฟรีสไตล์ อีกทั้งยังมีการบันทึกภาพด้วยกล้องวิดีโอด้านหน้าและด้านข้างเพื่อดูการเคลื่อนไหวแต่ละระนาบในการว่ายน้ำ ซึ่งผลของการทดสอบพบว่า เสถียรภาพที่สำคัญของการทำงานของกล้ามเนื้อแขนและข้อมือ อยู่ในช่วงที่ขั้นตอนของการดึงแขนในการเคลื่อนไหวช่วงที่ 3 คือการผลัดน้ำเข้าหาลำตัว และขั้นตอนที่พบว่ามีการทำงานของกล้ามเนื้อส่วนปลายของแขนและข้อมือน้อยในการเคลื่อนไหวช่วงที่ 4 คือขั้นตอนของการ Recovery หรือขั้นตอนการดึงแขนที่แขนเหนือน้ำ

กีฬาว่ายน้ำ (Swimming)

กีฬาว่ายน้ำ (Swimming) ถือเป็นศิลปะอย่างหนึ่ง เพราะมนุษย์สามารถว่ายน้ำได้ตั้งแต่สมัยดึกดำบรรพ์ โดยเฉพาะอย่างยิ่งมนุษย์ที่ตั้งภูมิลำเนาอยู่ตามชายทะเล แม่น้ำ ลำคลอง และที่ราบลุ่มต่างๆ เช่น พวกเอสซีเรีย อียิปต์ กรีก และโรมัน มีการฝึกหัดว่ายน้ำกันมาตั้งแต่ก่อนคริสตกาล เพราะมีผู้พบภาพวาดเกี่ยวกับการว่ายน้ำในถ้ำบนภูเขาแถบทะเลทรายลิเบีย การว่ายน้ำในสมัยนั้นเพียงเพื่อให้สามารถว่ายน้ำข้ามไปยังฝั่งตรงข้ามได้ หรือเมื่อเกิดอุทกภัยน้ำท่วมป่าและที่อยู่อาศัยก็สามารถพาตัวไปในที่น้ำท่วมไม่ถึงได้อย่างปลอดภัย การว่ายน้ำได้มีการวิวัฒนาการมาตั้งแต่สมัยโบราณจนถึงปัจจุบัน แต่มีหลักฐานบันทึกไว้นานนัก Ralph Thomas ให้ชื่อแบบว่ายน้ำที่มนุษย์ใช้ว่ายน้ำกันมาตั้งแต่เดิมว่า ฮิวแมน สโตรก (Human Stroke) นอกจากนี้พวกชนชาติสลาฟและพวกสแกนดิเนเวียรู้จักการว่ายน้ำอีกแบบหนึ่ง โดยใช้เท้าเคลื่อนไหวในน้ำคล้ายกับว่ายน้ำ หรือที่เรียกว่าฟล็อกคิก (Frog kick) แต่วิธีการเคลื่อนไหวของท่าแบบนี้จะทำให้ว่ายน้ำได้ไม่เร็วนัก การแข่งขันว่ายน้ำครั้งแรกได้จัดขึ้น วูลวิช บาร์ธ (Woolwich Baths) ใกล้กับกรุงลอนดอน ประเทศอังกฤษ เมื่อปี พ.ศ. 2416 การแข่งขันครั้งนั้นมีการแข่งขันเพียงแบบเดียวคือ แบบฟรีสไตล์ (Free Style) โดยผู้ว่ายน้ำแต่ละคนจะว่ายน้ำแบบใดก็ได้ ในการแข่งขันครั้งนี้ J. Arthur Trudgen เป็นผู้ได้รับชัยชนะ โดยเขาได้ว่ายน้ำแบบเดียวกับพวกอินเดียนแดงในอเมริกาใต้ คือแบบยกแขนกลับเหนือน้ำ ซึ่งเป็นวิธีการว่ายน้ำของเขาได้กลายเป็นแบบที่ได้รับความนิยมมากจนได้ชื่อว่า ท่าว่ายน้ำแบบทรัตเจน (Trudgen Stroke) ประชาชนชาวโลกได้ให้ความสนใจเกี่ยวกับการว่ายน้ำเพิ่มมากขึ้น เมื่อเรือเอก Mathew Webb ได้ว่ายน้ำข้ามช่องแคบอังกฤษจากเมืองโดเวอร์ คาเลียส เมื่อเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2418 โดยใช้เวลาดำน้ำทั้งสิ้น 21 ชั่วโมง 45 นาที ด้วยการว่ายน้ำแบบกบ (Breast Stroke) ความสำเร็จอันนี้ได้สร้างความพิศวงและตื่นเต้นไปทั่วโลก ต่อมาเด็กชาวอเมริกันชื่อ Gertude Ederle ได้ว่ายน้ำข้ามช่องแคบอังกฤษ เมื่อเดือนสิงหาคม พ.ศ. 2469 ทำเวลาได้ 14 ชั่วโมง 31 นาที โดยว่ายน้ำแบบท่าวดวา (Crawl Stroke) จะเห็นได้ว่าในช่วงระยะเวลา 50 ปี การว่ายน้ำได้วิวัฒนาการก้าวหน้าขึ้นเป็นอย่างมาก ถ้าหากได้พิจารณาถึงเวลาของคนทั้งสองที่ทำได้ แบบและวิธีว่ายน้ำได้รับการปรับปรุงเปลี่ยนแปลงเพื่อให้เกิดความเร็วขึ้นเสมอ ในบรรดานักว่ายน้ำทั่วไปโดยเฉพาะอย่างยิ่งชาวแลนเคเชียร์ และออสเตรเลีย ได้ดัดแปลงวิธีว่ายน้ำแบบทรัตเจน ซึ่งก็ได้รับผลดีในเวลาต่อมา กล่าวคือ Barney Kieran ชาวออสเตรเลียและ T. S. Battersby ชาวอังกฤษ ได้ว่ายน้ำแบบที่ปรับปรุงมาจาก ทรัตเจน เป็นผู้ครองตำแหน่งชนะเลิศของโลกเมื่อปี พ.ศ. 2449-2415 Alex Wickham ชาวเกาะโซโลมอนเป็นผู้ริเริ่มการว่ายน้ำแบบท่าวดวาและเป็นผู้ครองตำแหน่งชนะเลิศของโลก ระยะทาง 50 หลา เขาได้กล่าวว่าเด็กโซโลมอนทุกคนว่ายน้ำแบบนี้ทั้งนั้น ต่อมาท่าว่ายน้ำแบบท่าวดวาจึงเป็นที่นิยมฝึกหัดกันโดยทั่วไปกีฬาว่ายน้ำได้จัดเข้าไว้ในการแข่งขันโอลิมปิกเมื่อปี พ.ศ. 2436 และได้จัดการแข่งขันมาจนถึงปัจจุบัน ด้วย

เหตุดังกล่าวกีฬาว่ายน้ำก็ได้รับความสนใจจากคนทั่วไป และถือเป็นส่วนหนึ่งของการแข่งขันกีฬาโอลิมปิก มีการพัฒนากีฬาว่ายน้ำให้ก้าวหน้ายิ่งขึ้นเป็นลำดับ โดยมีผู้คิดแบบและประเภทของการว่ายน้ำเพื่อความสนุกสนาน และความตื่นเต้นในการแข่งขันมากขึ้น (Wiltse, 2007)



ท่าว่ายน้ำหลักที่ใช้ในการแข่งขัน

มีทั้งหมด 4 ท่า ประกอบด้วย

1. ครอว์ล (Crawl stroke) ท่านี้เป็นท่าที่เป็นท่าที่มีความเร็วมากที่สุด และท่านี้เป็นท่าแรกของการเริ่มต้นในการฝึกว่ายน้ำของทุกท่า การใช้แขนในท่าครอว์ลมีลักษณะการใช้แขนที่มีความต่อเนื่องกันมากที่สุด การใช้ขาของท่าครอว์ล จะเตะขาในลักษณะเตะสลับขึ้นลง ซ้ายขวา โดยที่จะต้องส่งแรงเตะมาจากสะโพก ไม่ใช่เตะจากหัวเข่า โดยในการเตะขานั้น ข้อเท้าและหัวเข่าต้องมีความพลิ้วไม่มีการเกร็งเป็นอันตราย จังหวะของการเตะขาท่า ครอว์ลมีดังนี้ความสัมพันธ์ของร่างกายในท่าครอว์ลท่านี้เป็นท่าที่มีความต่อเนื่องในการทำงานของร่างกายอย่างดี

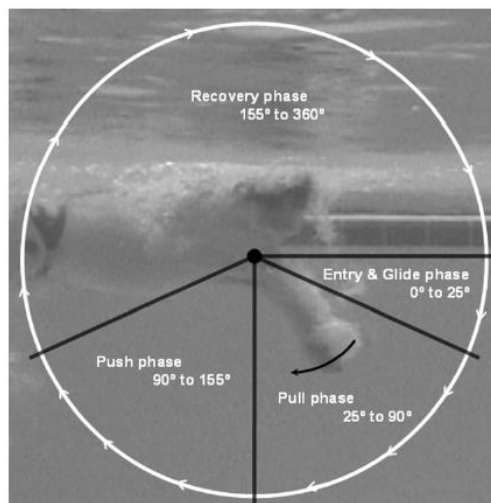
2. ท่ากรรเชียง (Back stroke) วางแขนไปด้านหลังอย่างรวดเร็วและต้องวางให้ชิดกับหูด้วย การใช้แขนท่ากรรเชียง การว่ายน้ำท่ากรรเชียงต้องนอนหงายแล้วว่ายน้ำในลักษณะเคลื่อนที่ไปด้านหลัง แต่การทำงานของแขนและมือจะคล้ายกับท่าครอว์ลมาก การใช้ขาท่ากรรเชียง การเตะขาที่ถูกวิธี จะช่วยให้ว่ายน้ำได้เร็วและดีขึ้น เพราะมันจะช่วยให้การทรงตัวของร่างกายสมบูรณ์แบบ ในการเตะขาท่ากรรเชียงนั้น จะมีน้ำหนักในการเตะขามากกว่าท่าครอว์ล โดยเป็นการเตะในลักษณะสะบัดน้ำขึ้นไป ทำให้ขาต้องทำงานหนักกว่าปกติ แต่การเตะที่ถูกต้องก็จะช่วยเสริมให้การว่ายน้ำดีขึ้น

3. ท่าผีเสื้อ (Butterfly stroke) การใช้ขาท่าผีเสื้อ" การเตะขาเหมือนปลาโลมา ช่วยในการถ่วงน้ำหนักไปมาระหว่างด้านหน้าและหลัง และยังส่งตัวให้พุ่งไปข้างหน้าด้วย "ในการว่ายน้ำท่าผีเสื้อนั้น การเตะขามีใช้จะใช้แต่เพียงขาเท่านั้น ยังต้องใช้ลำตัวและเอวในการที่จะบังคับร่างกายให้เลื้อยไปตามน้ำด้วย เพราะฉะนั้นถ้าเตะขาท่านี้นี้ได้ไม่ดี หรือมีพื้นฐานการเตะขาในท่าก่อน ๆ ไม่ดีพอแล้ว จะจับจุดไม่ถูกว่าจะต้องเตะแบบไหนเพื่อให้ได้แรงและส่งตัวไปข้างหน้าได้ แต่ถ้าเข้าใจการเตะขาของท่าครอว์ลมันก็เป็นหลักการเดียวกัน เพียงแต่จะต้องเตะสองขาพร้อม ๆ กัน

4. ท่ากบ (Breast stroke) ท่ากบเป็นท่าธรรมชาติของมนุษย์คือใช้มือกวักน้ำออกไปด้านข้างของลำตัวและใช้เท้าถีบไปเรื่อย ๆ การใช้แขนท่ากบ (Breaststroke Arm Action) มีความสำคัญในการขับเคลื่อนร่างกายไปข้างหน้าน้อยกว่าการใช้ขา เพราะท่ากบใช้พลังขา 70 %เพื่อการขับเคลื่อนร่างกาย แต่การใช้แขนก็ไม่ใช่ว่าไม่สำคัญเพราะอีก 30 % ก็มีผลต่อการว่ายน้ำ การใช้ขาท่ากบ (Breaststroke Leg Action) ท่านี้พลังขับเคลื่อนส่วนใหญ่มาจากขา ดังนั้นถ้าใช้ขาได้ถูกต้อง จะสามารถพุ่งไปได้ดีและเร็วกว่าอย่างทีกล่าวไปแล้วว่า การว่ายน้ำท่ากบ เป็นท่าที่ต้องใช้พรสวรรค์และเทคนิคสูงที่สุด ความสัมพันธ์ของร่างกายในท่ากบ (Breaststroke Relative Action) ในการว่ายน้ำท่ากบนั้น จังหวะเป็นสิ่งสำคัญมาก เพราะท่ากบต้องอาศัยความสัมพันธ์ของแขนกับขาเพื่อให้เกิดความลู่น้ำและความเร็วมากที่สุด (Leeuwen & Searing, 1998)

ชีวกลศาสตร์ของการว่ายน้ำท่าครอว์ล

การวิเคราะห์การเคลื่อนไหวในท่าครอว์ล (Crawl Stroke) ในทางชีวกลศาสตร์ได้แบ่งช่วงการเคลื่อนไหวออกเป็น 4 ช่วง (รูปที่ 12) (Osborough et al., 2010; Seifert, Leblanc, et al., 2010) คือ



รูปที่ 12 ช่วงการเคลื่อนไหวขณะว่ายน้ำท่า Crawl Stroke (Osborough et al., 2010)

ช่วงที่ 1 การตั้งแขนเข้าและจับน้ำ (Entry and Catch)

ในมือมีน้ำซึ่งสอดคล้องกับช่วงเวลาระหว่างการตั้งมือลงไปใต้น้ำและจุดเริ่มต้นของการเคลื่อนไหวที่ย้อนกลับ

ช่วงที่ 2 การดึง (Pull phase)

สอดคล้องกับช่วงเวลาเริ่มต้นของการเคลื่อนไหวย้อนกลับของมือและเข้าสู่ระนาบแนวตั้งของหัวไหล่

ช่วงที่ 3 การผลัก (Push phase)

ซึ่งสอดคล้องกับการวางตำแหน่งของมือด้านล่างของไหล่และทางออกของน้ำ ผลรวมของขั้นตอนการดึงและการผลักระยะเวลาได้รับการพิจารณาให้เทียบเท่ากับแขนเวลาผลัก

ช่วงที่ 4 การกลับสู่สภาพเดิม (Recovery phase)

สอดคล้องกับเวลาระหว่างทางออกของมือจากน้ำและต่อด้วยเข้าไปใต้น้ำ

ทุกช่วงของการดึงแขนมีความสัมพันธ์กันและมีผลต่อความเร็วในการว่ายน้ำท่าครอว์ล ซึ่งส่วนสำคัญคือการผลักน้ำในช่วงที่ 3 เมื่อนักกีฬาลดระยะเวลาและเคลื่อนไหวได้เร็วกว่าความเร็วน้ำในการดึงแขนในช่วงที่ 3 จะพบว่าการเคลื่อนตัวจะไปได้เร็วมากขึ้น (Osborough et al., 2010) จากการศึกษา พบว่าเมื่อแรงต้านของน้ำมีมากขึ้น ช่วงที่ 1 เป็นช่วงที่ดึงแขนเข้าและจับน้ำมีระยะเวลาสั้นลง ในขณะที่ช่วงที่ 2 เป็นช่วงดึงแขนระยะเวลาจะเพิ่มขึ้น (Schnitzler et al., 2011) อย่างไรก็ตาม นักกีฬาต้องรักษาเสถียรภาพของความสัมพันธ์ในช่วงของการดึงแขนด้วยเพื่อลดแรงต้านของน้ำถึงแม้ว่าจะว่ายน้ำได้เร็วขึ้นก็ตาม

อย่างไรก็ตามการดึงแขนนั้นนักกีฬายู่น้ำปัจจุบันนิยมทำการดึงแขนในลักษณะที่เป็นรูปตัว S หรือ S-shaped (Coty et al., 2007)



รูปที่ 13 แสดงการดึงแขนในลักษณะรูปตัว S (Coty et al., 2007)

การเตะขาก็มีความสำคัญในการว่ายน้ำท่าครอว์ลเช่นกัน ในการว่ายน้ำท่าครอว์ลการดึงแขนและการเตะขาจะทำงานสัมพันธ์กันในการเคลื่อนไหวไปด้านหน้า การเตะขาในท่าครอว์ลจะทำงานร่วมกับการดึงแขนที่ดึงออกไปด้านข้างของลำตัวในแนวราบซึ่งอยู่ในช่วงที่ 3 ของการดึงแขนการเตะขานั้นเป็นการเคลื่อนไหวที่ใช้การงอของฝ่าเท้าขึ้น ลง สลับกับซ้ายขวา เรียกว่า Flutter-Kick (Gatta et al., 2012) ซึ่งการศึกษาก่อนหน้านี้ให้ความสำคัญกับการดึงแขน แต่การรักษาเสถียรภาพของลำตัวให้ตรงและการเตะขาที่สามารถเพิ่มความเร็วขึ้นประมาณ 9 % ในการว่ายน้ำได้เช่นกัน (Deschodt et al., 1999) โดย Flutter Kick คือ ความถี่ในการเตะขา

ความสัมพันธ์ระหว่างความเร็วในการว่ายน้ำและจังหวะของการดึงแขน

ความเร็วในการกีฬาว่ายน้ำท่าครอว์ลเป็นส่วนสำคัญที่จะทำให้ นักกีฬาว่ายน้ำได้รับชัยชนะในการแข่งขัน ซึ่งในท่าครอว์ลประกอบไปด้วยการดึงแขน และการเตะขา ในการศึกษาการว่ายน้ำท่าครอว์ลจำนวนมากยืนยันว่าความสัมพันธ์ของการดึงแขนของนักกีฬาว่ายน้ำท่าครอว์ลส่วนใหญ่จะเกี่ยวข้องกับการว่ายน้ำในสภาวะที่มีกฎกติกาการแข่งขัน ซึ่งแตกต่างจากว่ายน้ำในกีฬาไตรกีฬา (Millet et al., 2002) อย่างไรก็ตามการดึงแขนมีสำคัญมากในการว่ายน้ำท่าครอว์ล ซึ่งการดึงแขนในท่าครอว์ลแบ่งได้เป็น 4 ช่วงต่อการดึงแขน 1 ครั้ง คือ ช่วงที่ 1 ดึงแขนออกด้านข้าง ช่วงที่ 2 ดึงแขนเข้าหาลำตัว ช่วงที่ 3 ดันแขนขึ้น และช่วงที่ 4 แขนพ่นน้ำกลับคืนสู่ช่วงเริ่มต้น (Schnitzler et al., 2011) แต่ไม่มีการศึกษาการวิเคราะห์ผลกระทบของการดึงแขนเพื่อทำความเข้าใจการเปลี่ยนแปลงในความสัมพันธ์ของการดึงแขน ในการศึกษาทั้งหมดที่อ้างถึงความสัมพันธ์ของการดึงแขนที่วัดโดยใช้ดัชนีความสัมพันธ์ของการดึงแขน (Index of Coordination: IDC) (Chollet et al., 2000) ท่าครอว์ลอาศัยความสัมพันธ์กันของช่วงการดึงแขนเพื่อเพิ่มความเร็วและลดแรงต้านของน้ำขณะการเตะขาของการว่ายน้ำ (Nikodelis et al., 2005) อธิบายดัชนีความสัมพันธ์ของการดึงแขน (IDC) ได้ว่าเป็นลักษณะรูปแบบความสัมพันธ์ของการดึงแขน โดยการวัดเวลาระหว่างขั้นตอนของการดึงแขนของแต่ละการเคลื่อนไหวของแขน (Chollet et al., 2000) ในทางตรงกันข้ามในนักว่ายน้ำที่มีความบกพร่องของ IDC ซึ่งไม่ได้เกี่ยวข้องกับระดับการทำงาน ความเร็วว่ายน้ำ ความยาวการดึงแขน หรืออัตราการดึงแขน สังเกตว่าความสัมพันธ์ของการดึงแขนที่ถูกปรับเปลี่ยนไปของนักว่ายน้ำท่าครอว์ลด้วยการเพิ่มขึ้นของความเร็ว (Satkunskiene et al., 2005) เมื่อพิจารณาถึงประสิทธิผลของเทคนิคของนักกีฬาว่ายน้ำ จะเข้าใจว่าความสัมพันธ์ของขั้นตอนการดึงแขนทั้งสองมีความสำคัญมากในการว่ายน้ำท่าครอว์ล ซึ่งการคำนวณหา Index of Coordination ทำได้โดยใช้สูตร

Index of Coordination: IDC คือดัชนีความสัมพันธ์ของการดึงแขน ซึ่งใช้สูตรคำนวณได้

$$\text{จากสูตร } IDC = SR \times SL$$

ในขณะนี้สามารถคำนวณได้ตามสูตร ดังนี้

Stroke Rate: SR คือ อัตราการดึงแขนของการว่ายน้ำท่าครอว์ล

Stroke Length: SL คือ ความยาวของการดึงแขน ซึ่งใช้สูตรคำนวณได้

$$\text{จากสูตร } S = S_{\text{แขน}} + S_{\text{น้ำ}}$$

สรุปการทบทวนวรรณกรรม

กีฬาว่ายน้ำเพื่อการแข่งขันนั้นจะแบ่งเป็นท่าว่ายน้ำหลักทั้งหมด 4 ท่า ประกอบด้วย คือ ท่าครอว์ล (Crawl stroke) ท่ากรรเชียง (Back stroke) ท่าผีเสื้อ (Butterfly stroke) และท่ากบ (Breast stroke) ซึ่งท่าครอว์ลเป็นท่าแรกของการเริ่มต้นในการฝึกว่ายน้ำของทุกท่า การใช้แขนในท่าครอว์ลมีลักษณะการใช้แขนที่มีความต่อเนื่องกันมากที่สุด การใช้ขาของท่าครอว์ล จะเตะขาในลักษณะเตะสลับขึ้นลง ซ้ายขวา โดยที่จะต้องส่งแรงเตะมาจากสะโพก ทั้งนี้การว่ายน้ำท่าครอว์ลมีจังหวะการดึงแขนถูกแบ่งออกเป็น 4 ช่วงที่แตกต่างกันออกไป คือ ช่วงที่ 1 การดึงแขนเข้าและจับน้ำ (Entry and catch) ช่วงที่ 2 การดึง (Pull phase) ช่วงที่ 3 การผลัก (Push phase) สุดท้ายช่วงที่ 4 การกลับสู่สภาพเดิม (Recovery phase) อย่างไรก็ตามการดึงแขนนั้นนักกีฬาว่ายน้ำปัจจุบันนิยมทำการดึงแขนในลักษณะที่เป็นรูปตัว S หรือ S-shaped ทั้งนี้การเตะขาก็มีความสำคัญในการว่ายน้ำท่าครอว์ลเช่นกัน ในการว่ายน้ำท่าครอว์ลการดึงแขนและการเตะขาจะทำงานสัมพันธ์กันในการเคลื่อนไหวไปด้านหน้า การเตะขาในท่าครอว์ลจะทำงานร่วมกับการดึงแขนที่ดึงออกไปด้านข้างของลำตัวในแนวราบซึ่งอยู่ในช่วงที่ 3 ของการดึงแขนการเตะขานั้นเป็นการเคลื่อนไหวที่ใช้การงอของฝ่าเท้าขึ้นลง สลับกับซ้ายขวา เรียกว่า Flutter-Kick

คุณสมบัติของน้ำประกอบด้วยแรงลอยตัว (Buoyancy) แรงดันของน้ำ (Hydrostatic pressure) และความหนืดของน้ำ (Viscosity) ซึ่งอุโมงค์น้ำ หรือ Swimming Flume เป็นสระว่ายน้ำขนาดเล็กที่ออกแบบมาเพื่อใช้ในการออกกำลังกายทางน้ำ โดยอาศัยคุณสมบัติของน้ำในการเพิ่มประสิทธิภาพทางกาย Swimming Flume สามารถใช้ในการทดสอบทางชีวกลศาสตร์การกีฬาและสรีรวิทยาทางการกีฬาของกีฬาทางน้ำ อีกทั้งยังสามารถนำไปใช้ในการออกแบบโปรแกรมการฝึกและฝึกซ้อมของกีฬาทางน้ำ โดยอาศัยความเร็วของการไหลของน้ำเพื่อให้เกิดแรงต้านในระหว่างการฝึกซ้อมได้ ซึ่งอุโมงค์น้ำสามารถควบคุมความเร็วได้ระหว่าง 0.01 และ 1.8 เมตร / วินาที

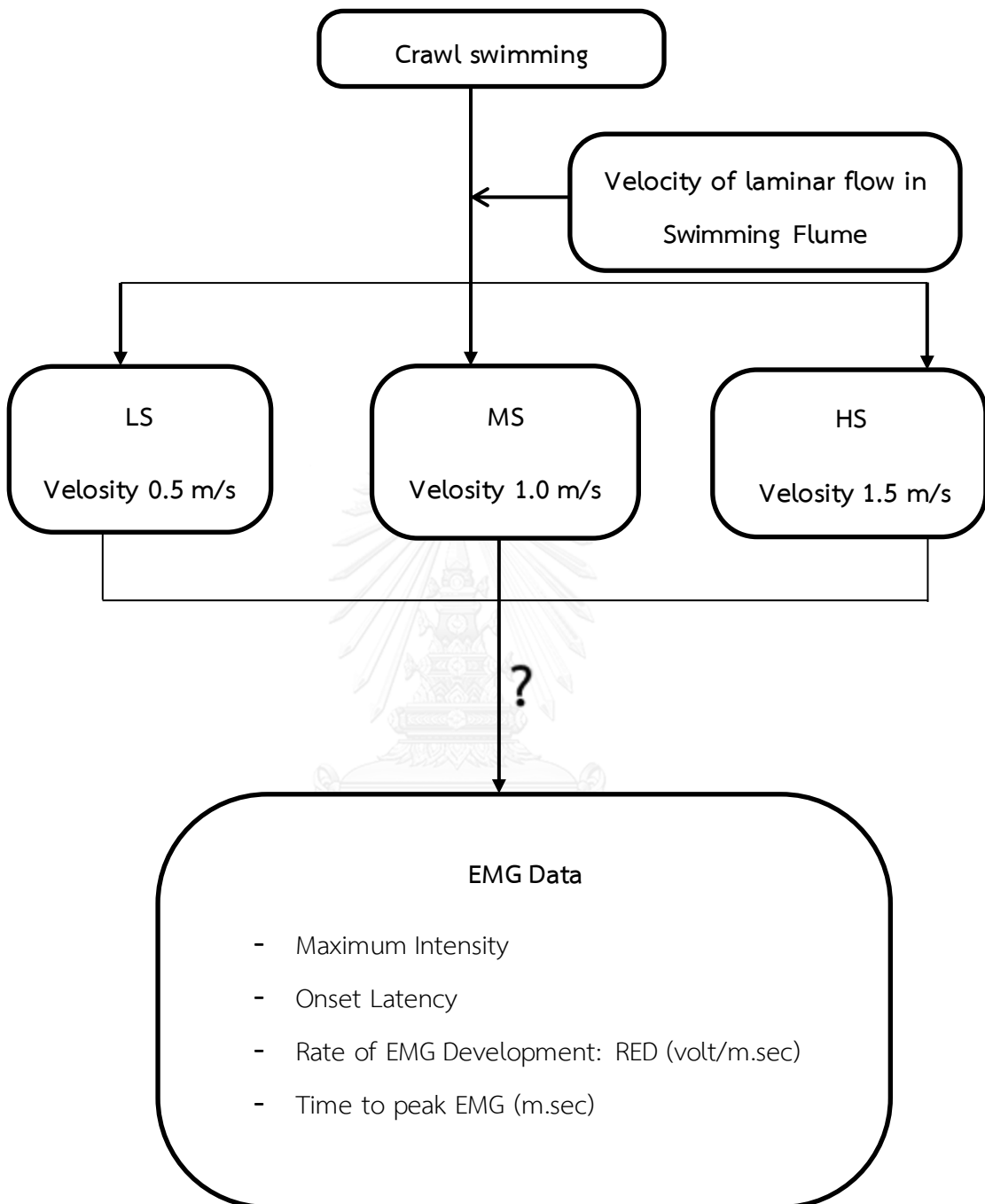
อิเล็กโตรไมโอกราฟฟี Electromyography (EMG) เป็นเทคนิคในการทดลองที่เกี่ยวข้องกับการพัฒนา การบันทึกข้อมูลและการวิเคราะห์สัญญาณ myoelectric ซึ่งสัญญาณ Myoelectric เกิดจากการเปลี่ยนแปลงทางสรีรวิทยาในสถานะของเยื่อหุ้มเซลล์กล้ามเนื้อ เป็นการตอบสนองของกล้ามเนื้อเทียมเนื่องจากการกระตุ้นด้วยไฟฟ้าภายนอกจะถูกวิเคราะห์ในสถานะคงที่ ซึ่งเน้นที่ Kinesiological EMG สามารถอธิบายได้เป็นงานวิจัยเกี่ยวกับการกระตุ้นกล้ามเนื้อภายในด้านท่าทางการเคลื่อนไหว ประสิทธิภาพในการทำงานกล้ามเนื้อ ซึ่งสามารถอธิบายตัวแปรในการวิเคราะห์ข้อมูล

ได้ดังนี้ การหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด (Intensity) ระยะเวลาของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจากจุดเริ่มต้นไป
ยังจุดสูงสุด (Time to Peak) อัตราส่วนของกระแสไฟฟ้ากล้ามเนื้อในแต่ละมัด (Rate of EMG
Development : RED) และเวลาที่พบการเพิ่มขึ้นของ MUAP จากระดับพื้นฐาน (Onset Latency)

จากที่กล่าวมาข้างต้นการว่ายน้ำท่าครอลด้วยความเร็วที่แตกต่างกัน ส่งผลให้จังหวะในการ
ว่ายน้ำเปลี่ยนแปลงไป ดังนั้นผู้วิจัยจึงสนใจการทำงานของกล้ามเนื้อสูงสุด (Intensity), ระยะเวลา
ของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Time to Peak), อัตราส่วนของคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ (RED:Rate of
EMG Development) และลำดับการทำงานของกล้ามเนื้อ (Onset Latency) ของกล้ามเนื้อขณะ
ว่ายน้ำด้วยความเร็วต่างๆ โดยการกำหนดความเร็วของการว่ายน้ำซึ่งควบคุมจากความเร็วกการไหล
ของน้ำในอุโมงค์น้ำ เพื่อศึกษาการตอบสนองของนักกีฬาว่ายน้ำที่ถูกกำหนดความเร็วในการว่ายน้ำท่า
ครอลที่มีความเร็วต่างๆกัน



กรอบแนวคิดของการวิจัย



บทที่ 3

วิธีการดำเนินการวิจัย

การศึกษาวิจัยนี้เป็นการวิจัยเชิงทดลอง (Experiment research design) และได้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย รับรองเมื่อวันที่ 28 มิถุนายน พ.ศ. 2559

กลุ่มตัวอย่าง

กลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ จะทำการคัดเลือกในลักษณะสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) คือ นักกีฬาว่ายน้ำสมัครเล่นเพศชายท่าครอว์ล จากชมรมว่ายน้ำสิงห์ คอร์เปอเรชั่น โดยใช้โปรแกรม G* Power ในการคำนวณหา Sample Size โดยอาศัยข้อมูลจากงานวิจัยของ Schnitzler และคณะ (Schnitzler et al., 2011) กำหนดค่า Effect size = 1.11 $\alpha = 0.05$, power $(1-\beta) = 0.80$ จากผลการคำนวณ สรุปว่างานวิจัยนี้มีกลุ่มตัวอย่าง จำนวน 11 คน เพื่อป้องกันการ Dropout งานวิจัยนี้มีกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 25 % คือ 15 คน โดยมีจุดหมายขออนุญาตชมรมว่ายน้ำสิงห์ คอร์เปอเรชั่น เพื่อขอความอนุเคราะห์กลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัย

กลุ่มตัวอย่างที่เข้าร่วมงานวิจัยมีคุณสมบัติ ดังนี้

1. ชายไทย อายุ 18-25 ปี สุขภาพดี ไม่มีโรคประจำตัว เช่น เบาหวาน ความดัน น้ำหนักตัวอยู่ในเกณฑ์ปกติ โรคหัวใจผิดปกติตั้งแต่กำเนิด และโรคภัยร้ายแรงอย่างอื่นที่มีผลต่อการวิจัย
2. สมัครใจเข้าร่วมการวิจัยและยินยอมเข้าร่วมงานวิจัยอย่างเต็มใจ
3. เป็นนักกีฬาว่ายน้ำสมัครเล่นที่เคยเข้าร่วมการแข่งขันอย่างน้อย 1 ครั้ง ในรอบ 1 ปี ในท่าครอว์ล ระยะสั้นไม่เกิน 200 เมตร
4. สามารถว่ายน้ำท่าครอว์ลด้วยความเร็วสูงสุด 1.5 เมตรต่อวินาทีระยะเวลา 20 สโตรค โดยเมื่อเปรียบเทียบกับสถิติในการว่ายน้ำจากการถีบตัวออกจากจุดเริ่มต้นระยะ 100 เมตร กับตารางเปรียบเทียบอัตราเร็วในการว่ายน้ำในระยะทาง 100 เมตร พบว่า นักกีฬาว่ายน้ำควรมีสถิติการว่ายน้ำท่าครอว์ลในระยะทาง 100 m. ไม่เกิน 55.3 วินาที
5. กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาที่ได้รับการฝึกซ้อมเป็นประจำอย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์

6.ไม่เคยได้รับการบาดเจ็บของร่างกายอย่างรุนแรงถึงระดับเข้ารับการผ่าตัดบริเวณกล้ามเนื้อและข้อต่อ

7. ไม่ได้รับการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและข้อต่อของส่วนต่างๆ ของร่างกาย อย่างรุนแรงจนต้องเข้ารับการรักษาทางการแพทย์และได้รับการรักษามากกว่าการทานยา หรือยาฉีดยา ก่อนเข้าร่วมงานวิจัยอย่างน้อย 6 เดือน

เกณฑ์การคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างออกจากการวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างเกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยต่อได้เช่นการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุหรือมีอาการเจ็บป่วยเป็นต้น

2. กลุ่มตัวอย่างไม่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัยต่อ

เครื่องมือและอุปกรณ์ในการทำวิจัย

1. อุโมงค์น้ำ Swimming Flume (TZ) จากประเทศเยอรมนี ขนาด 7x2.5x1.35 เมตร ปรับความเร็วได้ 0.01 ถึง 1.8 เมตรต่อวินาที โดยมีผู้ช่วยผู้วิจัยจำนวน 1 คน ช่วยในการควบคุมการไหลของน้ำในอุโมงค์น้ำ



รูปที่ 14 อุโมงค์น้ำหรือ Swimming Flume

- 1.1. กล้องบันทึกภาพ (Fuji film XE2 Made in japan) ความถี่ 30 Hz จำนวน 1 ตัว



รูปที่ 15 กล้องบันทึกภาพ (Fuji film XE2 Made in japan)

- 1.2. ตารางเปรียบเทียบอัตราเร็วในการว่ายน้ำ หน่วยเมตรต่อวินาที (m/s)

รูปที่ 16 ตารางเปรียบเทียบอัตราเร็วในการว่ายน้ำ

2. เครื่องวิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ (Electromyography) Wave wireless EMG miniwave water proof: Cometa 8 Chanel (ประเทศอิตาลี) ทำงานร่วมกับโปรแกรมวิเคราะห์ โดยผู้วิจัย เป็นผู้ควบคุมดูแลในการติด Electrode ด้วยตนเอง



รูปที่ 17 เครื่องรับสัญญาณ EMG

2.1. Surface Electrode 8 channels



รูปที่ 18 อิเล็กโทรด

3. เบ็ดเตล็ด

- 3.1. แอลกอฮอล์และสำลี
- 3.2. ผ้าเทป (Tape)
- 3.3. แผ่นกาวกันน้ำระหว่างแผ่น Electrode และเครื่องส่งสัญญาณ EMG
- 3.4. แผ่นกาว
- 3.5. แผ่นพลาสติกแบบบาง (Tegaderm)

ขั้นตอนการดำเนินการวิจัย

ขั้นตอนที่ 1 ขั้นตอนการทบทวนและตรวจสอบข้อมูล

1.1 ศึกษารายละเอียดวิธีการใช้เครื่องมือและรวบรวมข้อมูลคุณลักษณะของเครื่องมือทั้งในทางทฤษฎีและทางปฏิบัติ

1.2 ศึกษารายละเอียดวิธีการทำงานของกล้ามเนื้อในขณะที่ว่ายน้ำท่าครอว์ล (Crawl)

ขั้นตอนที่ 2 ขั้นตอนการเก็บข้อมูล

2.1 ผู้วิจัยศึกษาประวัติและสถิติการแข่งขันว่ายน้ำท่าครอว์ล ณ ชมรมว่ายน้ำสิงห์ คอร์เปอเรชั่น เพื่อคัดเลือกผู้เข้าร่วมการวิจัย

2.2 สอบถามข้อมูลพื้นฐานและทำการวัดน้ำหนัก ส่วนสูง เพื่อทำการคัดเลือกเข้าร่วมการวิจัย ผู้ผ่านเกณฑ์คัดเลือกเข้าเช่นยินยอมเข้าร่วมงานวิจัย

2.3 อธิบายขั้นตอนการทำการทดสอบให้กับผู้เข้าร่วมวิจัยโดยละเอียด

2.4 แจ้งให้ผู้ที่อยู่บริเวณที่ทำการทดสอบได้ทราบในการปิดอุปกรณ์สื่อสารและอุปกรณ์ที่คาดว่าจะรบกวนสัญญาณของเครื่อง EMG เพื่อป้องกันการรบกวนและการคลาดเคลื่อนของเครื่อง EMG

2.5 ทำการติด Electrode ก่อนการทดสอบทุกครั้ง ดังนี้

2.5.1 วิเคราะห์คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อจากเครื่อง EMG โดย ทำความสะอาดผิวที่ต้องการติดอิเล็กโทรด โดยเช็ดขูบแอลกอฮอล์และรอให้แห้งเพื่อลดการเกิดสัญญาณรบกวนภายใต้ขั้วในระหว่างการทดสอบและทำการติดอิเล็กโทรดบนตำแหน่ง motor point ของกล้ามเนื้อมัดที่ต้องการทดสอบ จากนั้นใช้ผ้าเทปพันชั้นแรกเพื่อยึดให้แน่นและใช้แผ่น Tegaderm พันทับให้สนิทเพื่อป้องกันน้ำเข้า (Coty et al., 2007) เพื่อทดสอบการทำงานของกล้ามเนื้อในการว่ายน้ำท่าครอว์ลรวม 8 มัดกล้ามเนื้อ ดังนี้

2.5.1.1 การติดอิเล็กโทรด ส่วนบนของร่างกายได้แก่กล้ามเนื้อ Anterior Deltoid, Posterior Deltoid, Pectoralis Major, Middle Trapezius, Rectus Abdominis, Erector Spinae

2.5.1.2 การติดอิเล็กโทรด ส่วนล่างของร่างกาย ได้แก่ กล้ามเนื้อ Rectus Femoris, Vastus Medialis, Biceps Femoris,

2.6 บันทึกภาพการเคลื่อนไหวขณะว่ายน้ำ เพื่อแสดงเวลาเริ่มต้นของช่วงการเคลื่อนไหว (Entry and catch phase) โดยใช้กล้องบันทึกภาพเคลื่อนไหว ที่ความเร็วการบันทึกภาพ 30 Hz จำนวน 1 ตัว

2.7 เมื่อทำการติดอิเล็กโทรดเรียบร้อยแล้วทำการวัด Maximal Voluntary Contraction (MVC) ในท่าที่กล้ามเนื้อนั้นทำงานจำนวน 8 มัดกล้ามเนื้อ โดยการให้กลุ่มตัวอย่างออกแรงดึงกับแรงต้านที่ผู้วิจัยต้านไว้ให้มากที่สุด (ภาคผนวกที่ 4) (Hislop et al., 2013)

2.8 เมื่อทำการติดอิเล็กโทรดเรียบร้อยแล้วให้กลุ่มตัวอย่างทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อ (Stretching) และอบอุ่นร่างกาย เป็นเวลา 10 นาที

2.9 หลังจากทำการยืดเหยียดกล้ามเนื้อเรียบร้อยแล้วให้กลุ่มตัวอย่างทำความคุ้นเคยกับอุโมงค์น้ำโดยปฏิบัติตามวิธีการดังต่อไปนี้

2.9.1 ให้กลุ่มตัวอย่างเดินทวนกระแสน้ำ เพื่อให้สามารถรับรู้ถึงความเร็วและแรงต้านทาน

2.9.2 ตั้งค่าความเร็วของน้ำใน อุโมงค์น้ำ ที่ 1.0 เมตรต่อวินาทีและให้กลุ่มตัวอย่างว่ายน้ำต้านกระแสน้ำขึ้นไปด้านหน้า แล้วปล่อยให้ไหลกลับโดยการหงายตัวขึ้นแล้วเหยียดขาเพื่อป้องกันการบาดเจ็บและให้ง่ายต่อการขึ้นจากอุโมงค์น้ำ

- 2.10 เมื่อทำความเข้าใจกับอุโมงค์น้ำเรียบร้อยแล้วให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบโดยให้ว่ายน้ำในระดับความเร็วที่ลำตัวอยู่ตรงกับเส้นกำกับซึ่งอยู่บริเวณพื้นอุโมงค์น้ำเพื่อรักษา ระดับความเร็วในการว่ายน้ำ
- 2.11 ทำการกำหนดความเร็วของน้ำออกเป็น 3 ระดับ (ตัดแปลงจาก (Schnitzler et al., 2011)) ได้แก่
- 2.11.1 ระดับที่ 1 ว่ายน้ำด้วยความเร็ว 0.50 เมตรต่อวินาที (V_1)
 - 2.11.2 ระดับที่ 2 ว่ายน้ำด้วยความเร็ว 1.00 เมตรต่อวินาที (V_2)
 - 2.11.3 ระดับที่ 3 ว่ายน้ำด้วยความเร็ว 1.50 เมตรต่อวินาที (V_3)
- 2.12 ในการทดสอบแต่ละครั้งให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบด้วยความเร็วน้ำลำดับที่ 1 ที่ได้ทำการสุ่มไว้เบื้องต้น และทำการทดสอบจำนวน 3 เซตต่อ 1 ระดับความเร็ว โดยจะมีการเว้นช่วงพักของแต่ละเซตและระดับความเร็วน้ำเป็นเวลา 5 นาที (Neric et al., 2009) เพื่อให้กล้ามเนื้อกลับสู่สภาพพร้อมทำงาน
- 2.13 ในการทดสอบ ให้กลุ่มตัวอย่างทำการว่ายน้ำท่าครอว์ล จำนวน 20 สโตรก จากนั้นเลือกสโตรกที่จะทำการวิเคราะห์จากค่า intensity สูงสุดของกล้ามเนื้อทั้ง 8 มัด จากสโตรกที่ 6-15 เพื่อให้ได้ค่าที่กลุ่มตัวอย่างทำการว่ายน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ (Robertson et al., 2013) ในการวิเคราะห์ข้อมูล
- 2.14 เมื่อกลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบเรียบร้อยแล้ว จะให้ผู้เข้าร่วมโครงการเกาะราวจับบริเวณข้างสระว่ายน้ำ และเปิดความเร็วการไหลของน้ำที่ความเร็วน้ำสูงสุดคือ 1.8 เมตรต่อวินาทีเพื่อให้ น้ำไหลผ่านร่างกายผู้เข้าร่วมโครงการเพื่อผ่อนคลายกล้ามเนื้อ
- 2.15 การทดสอบจะใช้เวลาทั้งหมดประมาณ 45 นาที โดยทำการทดสอบในเวลา 12.00-16.00 น. ซึ่งจะไม่มีผลกระทบต่อการฝึกซ้อมประจำจากชมรม

การวิเคราะห์ข้อมูล

1. ผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์ผลของนักกีฬาว่ายน้ำ ดังนี้
 - 1.1. บันทึกภาพการว่ายน้ำท่าคลอว์ลโดยบันทึกภาพขณะว่ายน้ำ โดยวางกล้องจำนวน 1 ตัว ทางด้านศีรษะของผู้เข้าร่วมการวิจัย เพื่อแสดง phase ของการว่ายน้ำ
 - 1.2. ใช้โปรแกรมวิเคราะห์ EMG ในการหา Intensity, Time to Peak, RED, Onset Latency โดยเทียบการเริ่มต้น phase จากกล้องบันทึกภาพเคลื่อนไหว
2. ผู้วิจัยจะทำการวิเคราะห์ผลที่ได้จากการเก็บข้อมูลตามขั้นตอนการวิจัยโดยใช้โปรแกรม SPSS statistical software for Windows Version 23 โดยข้อมูลทั้งหมดผ่านการทดสอบการกระจายข้อมูล kolmogorov-smirnov test พบว่ามีการกระจายปกติ จึงทำการวิเคราะห์ข้อมูลโดยใช้ one way ANOVA แบบ Repeated measure และ Tukey เป็น post hoc เพื่อเปรียบเทียบเวลาการเกิดคลื่นไฟฟ้าของกล้ามเนื้อ ซึ่งผู้วิจัยได้กำหนดระดับความมีนัยสำคัญทางสถิติที่ ≤ 0.05

บทที่ 4

ผลการวิเคราะห์ข้อมูล

ผู้วิจัยได้ทำการวิเคราะห์ผลทางสถิติจากข้อมูลที่ได้ในการว่ายน้ำท่าควอลด้วยความเร็วทั้งหมด 3 ระดับโดยกลุ่มตัวอย่างที่ใช้ในการวิจัยครั้งนี้ ทำการคัดเลือกแบบสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) คือ นักกีฬาว่ายน้ำสมัครเล่นเพศชายที่ผ่านการแข่งขันในท่าควอล จากชมรมว่ายน้ำสิงห์ คอร์เปอเรชั่น อายุตั้งแต่ 18-25 ปี ทั้งหมด 15 คน ซึ่งถนัดแขนและขาข้างขวาทั้งหมดได้จากการสอบถามกลุ่มตัวอย่างทั้งหมด ดังแสดงตารางที่ 1

ตารางที่ 1 แสดงค่าเฉลี่ยเกณฑ์ในการคัดเลือกกลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัยในครั้งนี้

N = 15	$\bar{x} \pm SD$
อายุ(ปี)	20.33 \pm 1.54
ส่วนสูง (เซนติเมตร)	178.00 \pm 5.45
น้ำหนัก (กิโลกรัม)	69.33 \pm 5.18
สถิติในการว่ายน้ำ 100 m. (วินาที)	52.44 \pm 2.17
ประสบการณ์ในการเล่น (ปี)	11.20 \pm 1.74

จากตารางที่ 1 พบว่า กลุ่มตัวอย่างในการวิจัยครั้งนี้คือ นักกีฬาว่ายน้ำสมัครเล่นเพศชายที่ผ่านการแข่งขันในท่าควอล จากชมรมว่ายน้ำสิงห์ คอร์เปอเรชั่น จำนวน 15 คน อายุตั้งแต่ 18-25 ปี ซึ่งมีอายุเฉลี่ย 20.33 \pm 1.54 ปี ส่วนสูง 178.00 \pm 5.45 cm. น้ำหนัก 69.33 \pm 5.18 Kg. สถิติในการว่ายน้ำท่าควอลในระยะเวลา 100 m. 52.44 \pm 2.17 sec. และประสบการณ์ในการเล่นกีฬาว่ายน้ำ 11.20 \pm 1.74 ปี

ตารางที่ 2 แสดงผล ANOVA อัตราส่วนระหว่างการหดตัวของกล้ามเนื้อของคลื่นไฟฟ้า EMG สูงสุด (EMG Maximum) และค่า EMG สูงสุดที่วัดได้ขณะเกร็งกล้ามเนื้อเต็มที่ (MVC) (Maximum Intensity) ในการว่ายน้ำด้วยความเร็ว 3 ระดับ

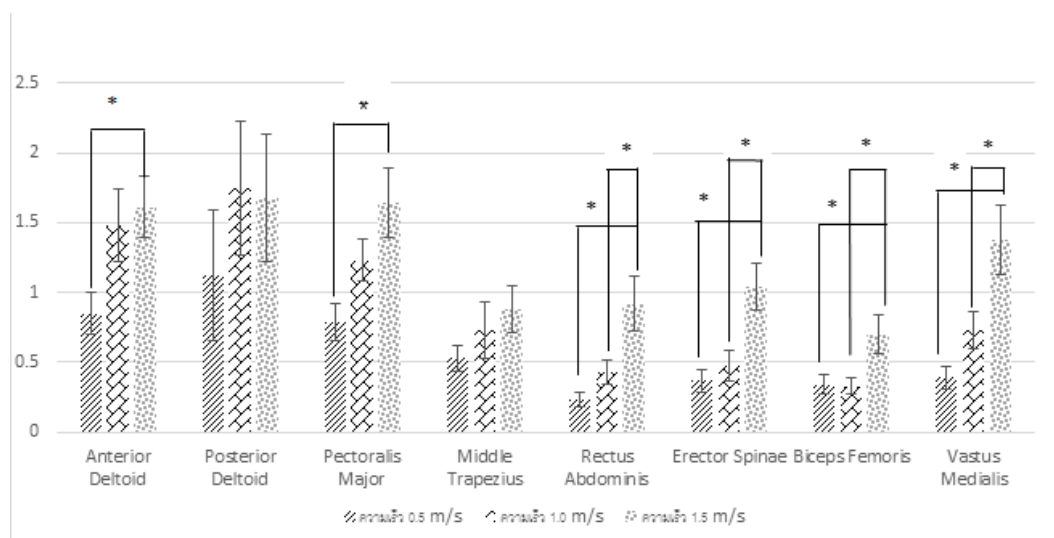
	Sum of squares	Mean Squares	F	Sig.
1. Anterior Deltoid	4.89	2.45	3.52	.04
2. Posterior Deltoid	3.58	1.79	.53	.59
3. Pectoralis Major	5.38	.47	1.20	.01
4. Middle Trapezius	.94	1.90	7.44	.31
5. Rectus Abdominis	3.80	1.90	7.55	.01
6. Erector Spinae	3.87	1.93	7.55	.01
7. Biceps Femoris	1.31	.65	4.68	.02
8. Vastus Medialis	7.61	3.81	8.80	.01

ตารางที่ 3 แสดงอัตราส่วนระหว่างการหดตัวของกล้ามเนื้อของคลื่นไฟฟ้า EMG สูงสุด (EMG Maximum) และค่า EMG สูงสุดที่วัดได้ขณะเกร็งกล้ามเนื้อเต็มที่ (MVC) (Maximum Intensity) ในการว่ายน้ำด้วยความเร็ว 3 ระดับ

Muscles	Laminar Velocity	0.5 m/s	1.0 m/s	1.5 m/s
		($\bar{x} \pm SD$)	($\bar{x} \pm SD$)	($\bar{x} \pm SD$)
1. Anterior Deltoid		0.85 ± 0.60	1.48 ± 0.99	1.61 ± 0.87 [#]
2. Posterior Deltoid		1.12 ± 1.82	1.75 ± 1.88	1.68 ± 1.79
3. Pectoralis Major		0.79 ± 0.51	1.23 ± 0.59	1.64 ± 0.98 [#]
4. Middle Trapezius		0.53 ± 0.35	0.73 ± 0.78	0.88 ± 0.66
5. Rectus Abdominis		0.23 ± 0.18	0.43 ± 0.35	0.92 ± 0.78 ^{# β}
6. Erector Spinae		0.37 ± 0.33	0.47 ± 0.44	1.04 ± 0.69 ^{# β}
7. Biceps Femoris		0.34 ± 0.27	0.33 ± 0.22	0.70 ± 0.54 ^{# β}
8. Vastus Medialis		0.39 ± 0.33	0.73 ± 0.51	1.38 ± 0.97 ^{# β}

[#] หมายถึง มีความแตกต่างกันระหว่างความเร็วที่ 0.5 และความเร็วที่ 1.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

^β หมายถึง มีความแตกต่างกันระหว่างความเร็วที่ 1.0 และความเร็วที่ 1.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

แผนภูมิที่ 1 แสดงแผนภูมิของอัตราส่วนระหว่างการหดตัวของกล้ามเนื้อของคลื่นไฟฟ้า EMG สูงสุด (EMG Maximum) และค่า EMG สูงสุดที่วัดได้ขณะเกร็งกล้ามเนื้อเต็มที่ (MVC) (Maximum Intensity) ในการว่ายน้ำด้วยความเร็ว 3 ระดับ

จากตารางที่ 3 และแผนภูมิที่ 1 พบว่าค่าอัตราส่วนการหดตัวของกล้ามเนื้อของคลื่นไฟฟ้า EMG/MVC ของกล้ามเนื้อส่วนใหญ่ของการว่ายน้ำท่าครอลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว 0.5 m/s และความเร็ว 1.5 m/s พบว่ากล้ามเนื้อเกือบทุกมัด ยกเว้น Posterior Deltoid และ Middle Trapezius แสดงการเพิ่มขึ้นของ EMG/MVC อย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่เมื่อเทียบระหว่างความเร็ว 1.0 m/s และความเร็ว 1.5 m/s พบว่ากล้ามเนื้อลำตัว และกล้ามเนื้อขา ได้แก่ Rectus Abdominis, Erector Spinae, Biceps Femoris และ Vastus Medialis มีการเพิ่มขึ้นของ EMG/MVC อย่างมีนัยสำคัญ

1. กล้ามเนื้อ Anterior Deltoid มีค่าอัตราส่วนความหนักของกระแส EMG/MVC ที่ความเร็ว 0.5 m/s เท่ากับ 0.85 ± 0.60 ความเร็ว 1.0 m/s เท่ากับ 1.48 ± 0.99 และความเร็ว 1.5 เท่ากับ 1.61 ± 0.87 แสดงการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว 0.5 m/s และความเร็ว 1.5 m/s
2. กล้ามเนื้อ Posterior Deltoid มีค่าอัตราส่วนความหนักของกระแส EMG/MVC ที่ความเร็ว 0.5 m/s เท่ากับ 1.12 ± 1.82 ความเร็ว 1.0 m/s เท่ากับ 1.75 ± 1.88 และความเร็ว 1.5 เท่ากับ 1.68 ± 1.79 ไม่แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว

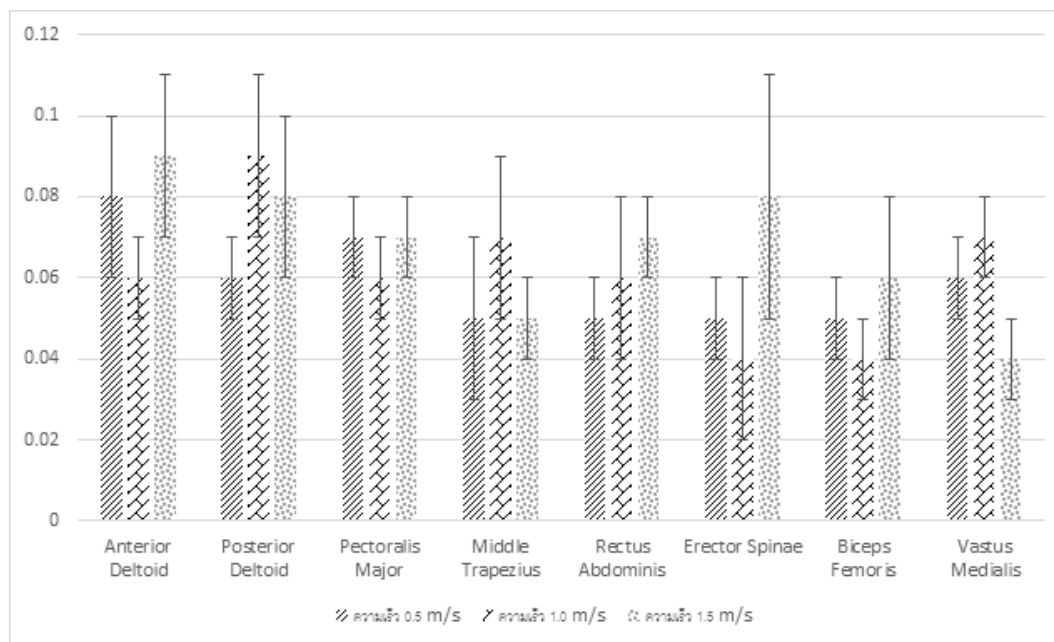
3. กล้ามเนื้อ Pectoralis Major มีค่าอัตราส่วนความหนักของกระแส EMG/MVC ที่ความเร็ว 0.5 m/s เท่ากับ 0.79 ± 0.51 ความเร็ว 1.0 m/s เท่ากับ 1.23 ± 0.59 และความเร็ว 1.5 เท่ากับ 1.64 ± 0.98 แสดงการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว 0.5 m/s และความเร็ว 1.5 m/s
4. กล้ามเนื้อ Middle Trapezius มีค่าอัตราความหนักของกระแส EMG/MVC ที่ความเร็ว 0.5 m/s เท่ากับ 0.53 ± 0.35 ความเร็ว 1.0 m/s เท่ากับ 0.73 ± 0.78 และความเร็ว 1.5 เท่ากับ 0.88 ± 0.66 ไม่แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว
5. กล้ามเนื้อ Rectus Abdominis มีค่าอัตราความหนักของกระแส EMG/MVC ที่ความเร็ว 0.5 m/s เท่ากับ 0.23 ± 0.18 ความเร็ว 1.0 m/s เท่ากับ 0.43 ± 0.35 และความเร็ว 1.5 เท่ากับ 0.92 ± 0.78 แสดงการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบ ระหว่างความเร็ว 0.5 m/s และความเร็ว 1.5 m/s และระหว่างความเร็วที่ 1.0 m/s และความเร็ว 1.5 m/s
6. กล้ามเนื้อ Erector Spinae มีค่าอัตราความหนักของกระแส EMG/MVC ที่ความเร็ว 0.5 m/s เท่ากับ 0.37 ± 0.33 ความเร็ว 1.0 m/s เท่ากับ 0.47 ± 0.44 และความเร็ว 1.5 เท่ากับ 1.04 ± 0.69 แสดงการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบ ระหว่างความเร็ว 0.5 m/s และความเร็ว 1.5 m/s และระหว่างความเร็วที่ 1.0 m/s และความเร็ว 1.5 m/s
7. กล้ามเนื้อ Biceps Femoris มีค่าอัตราความหนักของกระแส EMG/MVC ที่ความเร็ว 0.5 m/s เท่ากับ 0.34 ± 0.27 ความเร็ว 1.0 m/s เท่ากับ 0.33 ± 0.22 และความเร็ว 1.5 เท่ากับ 0.70 ± 0.54 แสดงการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบ ระหว่างความเร็ว 0.5 m/s และความเร็ว 1.5 m/s และระหว่างความเร็วที่ 1.0 m/s และความเร็ว 1.5 m/s
8. กล้ามเนื้อ Vastus Medialis มีค่าอัตราความหนักของกระแส EMG/MVC ที่ความเร็ว 0.5 m/s เท่ากับ 0.39 ± 0.33 ความเร็ว 1.0 m/s เท่ากับ 0.73 ± 0.51 และความเร็ว 1.5 เท่ากับ 1.38 ± 0.97 แสดงการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบ ระหว่างความเร็ว 0.5 m/s และความเร็ว 1.5 m/s และระหว่างความเร็วที่ 1.0 m/s และความเร็ว 1.5 m/s

ตารางที่ 4 แสดง ANOVA ระยะเวลาจากจุดเริ่มสัญญาณ EMG ไปยัง จุดสูงสุดของ EMG (Time to Peak) ในการว่ายน้ำด้วยความเร็ว 3 ระดับ

	Sum of squares	Mean Squares	F	Sig.
1. Anterior Deltoid	.01	.01	1.07	.35
2. Posterior Deltoid	.01	.01	.57	.57
3. Pectoralis Major	.01	.01	.20	.81
4. Middle Trapezius	.01	.01	.46	.64
5. Rectus Abdominis	.01	.01	.24	.79
6. Erector Spinae	.01	.01	.80	.46
7. Biceps Femoris	.01	.01	.44	.65
8. Vastus Medialis	.01	.01	1.17	.32

ตารางที่ 5 แสดงระยะเวลาจากจุดเริ่มสัญญาณ EMG ไปยัง จุดสูงสุดของ EMG (Time to Peak) ในการว่ายน้ำด้วยความเร็ว 3 ระดับ

Muscles	Laminar Velocity		
	0.5 m/s ($\bar{x} \pm SD$)	1.0 m/s ($\bar{x} \pm SD$)	1.5 m/s ($\bar{x} \pm SD$)
1. Anterior Deltoid	0.08 ± 0.08	0.06 ± 0.03	0.09 ± 0.09
2. Posterior Deltoid	0.06 ± 0.04	0.09 ± 0.07	0.08 ± 0.09
3. Pectoralis Major	0.07 ± 0.06	0.06 ± 0.05	0.07 ± 0.05
4. Middle Trapezius	0.05 ± 0.06	0.07 ± 0.09	0.05 ± 0.04
5. Rectus Abdominis	0.05 ± 0.04	0.06 ± 0.06	0.07 ± 0.06
6. Erector Spinae	0.05 ± 0.02	0.04 ± 0.06	0.08 ± 0.12
7. Biceps Femoris	0.05 ± 0.03	0.04 ± 0.03	0.06 ± 0.08
8. Vastus Medialis	0.06 ± 0.04	0.07 ± 0.04	0.04 ± 0.04



แผนภูมิที่ 2 แสดงแผนภูมิระยะเวลาจากจุดเริ่มสัญญาณ EMG ไปยัง จุดสูงสุดของ EMG (Time to Peak) ในการว่ายน้ำด้วยความเร็ว 3 ระดับ

จากตารางที่ 5 และแผนภูมิที่ 2 พบว่า กล้ามเนื้อบางส่วนในการว่ายน้ำท่าครอว์ลแสดงเวลาการเพิ่มของ EMG ลดลง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว 0.5 และ 1.0 m/s และกล้ามเนื้อบางส่วนในการว่ายน้ำแสดงเวลาการเพิ่มของ EMG ลดลงเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว 1.0 และ 1.5 m/s ในทางตรงกันข้าม กล้ามเนื้อบางส่วนในการว่ายน้ำแสดงเวลาการเพิ่มของ EMG เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว 0.5 และ 1.0 m/s และกล้ามเนื้อบางส่วนในการว่ายน้ำแสดงเวลาการเพิ่มของ EMG เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว 1.0 และ 1.5 m/s ทั้งนี้ทั้งนั้นการเวลาเพิ่มของ EMG ถึงจุดสูงสุดของกล้ามเนื้อทุกมัด ไม่แสดงผลต่างอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบในทุกความเร็ว

1. กล้ามเนื้อ Anterior Deltoid มีค่าทางสถิติระยะเวลาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ที่ความเร็ว 0.5 m/s เท่ากับ 0.08 ± 0.08 m.sec ความเร็ว 1.0 m/s เท่ากับ 0.06 ± 0.03 m.sec และความเร็ว 1.5 เท่ากับ 0.09 ± 0.09 m.sec ไม่แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว
2. กล้ามเนื้อ Posterior Deltoid มีค่าทางสถิติระยะเวลาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ที่ความเร็ว 0.5 m/s เท่ากับ 0.06 ± 0.04 m.sec ความเร็ว 1.0 m/s เท่ากับ 0.09 ± 0.07 m.sec และ

ความเร็ว 1.5 เท่ากับ 0.08 ± 0.09 m.sec ไม่แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว

3. กล้ามเนื้อ Pectoralis Major มีค่าทางสถิติระยะเวลาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ที่ความเร็ว 0.5 m/s เท่ากับ 0.07 ± 0.06 m.sec ความเร็ว 1.0 m/s เท่ากับ 0.06 ± 0.05 m.sec และความเร็ว 1.5 เท่ากับ 0.07 ± 0.05 m.sec ไม่แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว
4. กล้ามเนื้อ Middle Trapezius มีค่าทางสถิติระยะเวลาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ที่ความเร็ว 0.5 m/s เท่ากับ 0.05 ± 0.06 m.sec ความเร็ว 1.0 m/s เท่ากับ 0.07 ± 0.09 m.sec และความเร็ว 1.5 เท่ากับ 0.05 ± 0.04 m.sec ไม่แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว
5. กล้ามเนื้อ Rectus Abdominis มีค่าทางสถิติระยะเวลาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ที่ความเร็ว 0.5 m/s เท่ากับ 0.05 ± 0.04 m.sec ความเร็ว 1.0 m/s เท่ากับ 0.06 ± 0.06 m.sec และความเร็ว 1.5 เท่ากับ 0.07 ± 0.06 m.sec ไม่แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว
6. กล้ามเนื้อ Erector Spinae มีค่าทางสถิติระยะเวลาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ที่ความเร็ว 0.5 m/s เท่ากับ 0.05 ± 0.02 m.sec ความเร็ว 1.0 m/s เท่ากับ 0.04 ± 0.06 m.sec และความเร็ว 1.5 เท่ากับ 0.08 ± 0.12 m.sec ไม่แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว
7. กล้ามเนื้อ Biceps Femoris มีค่าทางสถิติระยะเวลาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ที่ความเร็ว 0.5 m/s เท่ากับ 0.05 ± 0.03 m.sec ความเร็ว 1.0 m/s เท่ากับ 0.04 ± 0.03 m.sec และความเร็ว 1.5 เท่ากับ 0.06 ± 0.08 m.sec ไม่แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว
8. กล้ามเนื้อ Vastus Medialis มีค่าทางสถิติระยะเวลาคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ที่ความเร็ว 0.5 m/s เท่ากับ 0.06 ± 0.04 m.sec ความเร็ว 1.0 m/s เท่ากับ 0.07 ± 0.04 m.sec และความเร็ว 1.5 เท่ากับ 0.04 ± 0.04 m.sec ไม่แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว

ตารางที่ 6 แสดง ANOVA อัตราการเพิ่มของ EMG (Rate of Development) ในการว่ายน้ำด้วยความเร็ว 3 ระดับ

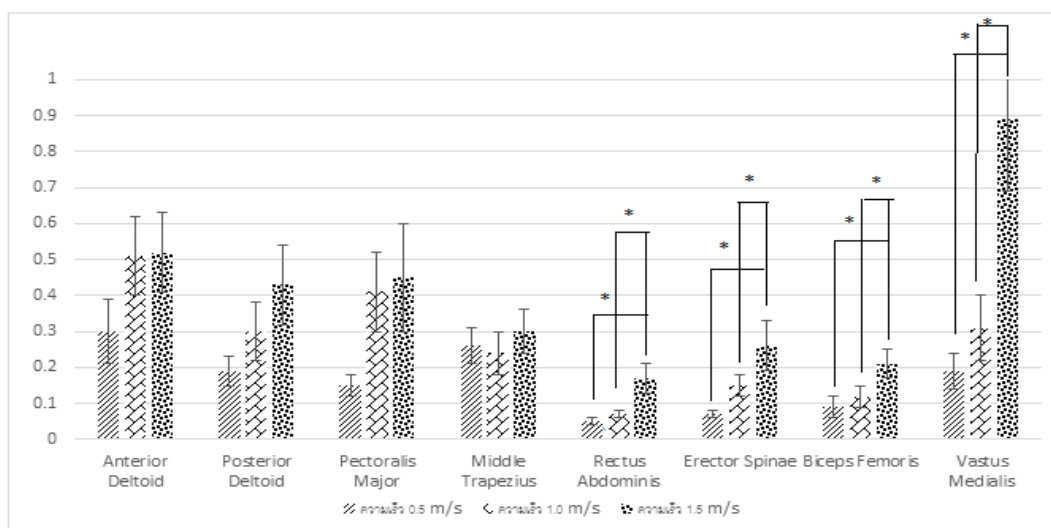
	Sum of squares	Mean Squares	F	Sig.
1. Anterior Deltoid	.43	.22	1.31	.28
2. Posterior Deltoid	.45	.22	2.30	.11
3. Pectoralis Major	.79	.39	2.30	.11
4. Middle Trapezius	.03	.02	.33	.72
5. Rectus Abdominis	.11	.06	6.58	.01
6. Erector Spinae	.28	.14	5.12	.01
7. Biceps Femoris	.11	.06	3.36	.04
8. Vastus Medialis	4.07	2.04	8.25	.01

ตารางที่ 7 แสดงอัตราการเพิ่มของ EMG (Rate of Development) ในการว่ายน้ำด้วยความเร็ว 3 ระดับ

Muscles	Laminar Velocity		
	0.5 m/s ($\bar{x} \pm SD$)	1.0 m/s ($\bar{x} \pm SD$)	1.5 m/s ($\bar{x} \pm SD$)
1. Anterior Deltoid	0.30 ± 0.35	0.51 ± 0.43	0.52 ± 0.43
2. Posterior Deltoid	0.19 ± 0.14	0.30 ± 0.29	0.43 ± 0.43
3. Pectoralis Major	0.15 ± 0.12	0.41 ± 0.42	0.45 ± 0.56
4. Middle Trapezius	0.26 ± 0.19	0.24 ± 0.23	0.30 ± 0.23
5. Rectus Abdominis	0.05 ± 0.05	0.07 ± 0.05	0.17 ± 0.14 ^{#B}
6. Erector Spinae	0.07 ± 0.06	0.15 ± 0.12	0.26 ± 0.26 ^{#B}
7. Biceps Femoris	0.09 ± 0.12	0.12 ± 0.11	0.21 ± 0.15 ^{#B}
8. Vastus Medialis	0.19 ± 0.21	0.31 ± 0.36	0.89 ± 0.75 ^{#B}

[#] หมายถึง มีความแตกต่างกันระหว่างความเร็วที่ 0.5 และความเร็วที่ 1.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

^B หมายถึง มีความแตกต่างกันระหว่างความเร็วที่ 1.0 และความเร็วที่ 1.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

แผนภูมิที่ 3 แสดงแผนภูมิอัตราการเพิ่มของ EMG (Rate of Development) ในการว่ายน้ำด้วยความเร็ว 3 ระดับ

จากตารางที่ 7 และแผนภูมิที่ 3 พบว่า อัตราการเพิ่มของ EMG (Rate of Development) ในกล้ามเนื้อส่วนใหญ่ของการว่ายน้ำท่าครอลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว 0.5 m/s และความเร็ว 1.5 m/s และระหว่างความเร็ว 1.0 m/s และความเร็ว 1.5 m/s พบว่ากล้ามเนื้อลำตัวและกล้ามเนื้อขา ได้แก่ Rectus Abdominis, Erector Spinae, Biceps Femoris และ Vastus Medialis มีการเพิ่มขึ้นของอัตราการเพิ่มของ EMG อย่างมีนัยสำคัญ โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของกล้ามเนื้อใดเลยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว 0.5 และ 1.0 m/s

1. กล้ามเนื้อ Anterior Deltoid มีค่าอัตราการเพิ่มของ EMG ที่ความเร็ว 0.5 m/s เท่ากับ 0.30 ± 0.35 m.Volt/m.sec ความเร็ว 1.0 m/s เท่ากับ 0.51 ± 0.43 m.Volt/m.sec และความเร็ว 1.5 เท่ากับ 0.52 ± 0.43 m.Volt/m.sec ไม่แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว
2. กล้ามเนื้อ Posterior Deltoid มีค่าอัตราการเพิ่มของ EMG ที่ความเร็ว 0.5 m/s เท่ากับ 0.19 ± 0.14 m.Volt/m.sec ความเร็ว 1.0 m/s เท่ากับ 0.30 ± 0.29 m.Volt/m.sec และความเร็ว 1.5 เท่ากับ 0.43 ± 0.43 m.Volt/m.sec ไม่แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว

3. กล้ามเนื้อ Pectoralis Major มีค่าอัตราการเพิ่มของ EMG ที่ความเร็ว 0.5 m/s เท่ากับ 0.15 ± 0.12 m.Volt/m.sec ความเร็ว 1.0 m/s เท่ากับ 0.41 ± 0.42 m.Volt/m.sec และความเร็ว 1.5 เท่ากับ 0.45 ± 0.56 m.Volt/m.sec ไม่แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว
4. กล้ามเนื้อ Middle Trapezius มีค่าอัตราการเพิ่มของ EMG ที่ความเร็ว 0.5 m/s เท่ากับ 0.26 ± 0.19 m.Volt/m.sec ความเร็ว 1.0 m/s เท่ากับ 0.24 ± 0.23 m.Volt/m.sec และความเร็ว 1.5 เท่ากับ 0.30 ± 0.23 m.Volt/m.sec ไม่แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว
5. กล้ามเนื้อ Rectus Abdominis มีค่าอัตราการเพิ่มของ EMG ที่ความเร็ว 0.5 m/s เท่ากับ 0.05 ± 0.05 m.Volt/m.sec ความเร็ว 1.0 m/s เท่ากับ 0.07 ± 0.05 m.Volt/m.sec และความเร็ว 1.5 เท่ากับ 0.17 ± 0.14 m.Volt/m.sec แสดงการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบ ระหว่างความเร็ว 0.5 m/s และความเร็ว 1.5 m/s และระหว่างความเร็วที่ 1.0 m/s และความเร็ว 1.5 m/s
6. กล้ามเนื้อ Erector Spinae มีค่าอัตราการเพิ่มของ EMG ที่ความเร็ว 0.5 m/s เท่ากับ 0.07 ± 0.06 m.Volt/m.sec ความเร็ว 1.0 m/s เท่ากับ 0.15 ± 0.12 m.Volt/m.sec และความเร็ว 1.5 เท่ากับ 0.26 ± 0.26 m.Volt/m.sec แสดงการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบ ระหว่างความเร็ว 0.5 m/s และความเร็ว 1.5 m/s และระหว่างความเร็วที่ 1.0 m/s และความเร็ว 1.5 m/s
7. กล้ามเนื้อ Biceps Femoris มีค่าอัตราการเพิ่มของ EMG ที่ความเร็ว 0.5 m/s เท่ากับ 0.09 ± 0.12 m.Volt/m.sec ความเร็ว 1.0 m/s เท่ากับ 0.12 ± 0.11 m.Volt/m.sec และความเร็ว 1.5 เท่ากับ 0.21 ± 0.15 m.Volt/m.sec แสดงการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบ ระหว่างความเร็ว 0.5 m/s และความเร็ว 1.5 m/s และระหว่างความเร็วที่ 1.0 m/s และความเร็ว 1.5 m/s
8. กล้ามเนื้อ Vastus Medialis มีค่าอัตราการเพิ่มของ EMG ที่ความเร็ว 0.5 m/s เท่ากับ 0.19 ± 0.21 m.Volt/m.sec ความเร็ว 1.0 m/s เท่ากับ 0.31 ± 0.36 m.Volt/m.sec และความเร็ว 1.5 เท่ากับ 0.89 ± 0.75 m.Volt/m.sec แสดงการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบ ระหว่างความเร็ว 0.5 m/s และความเร็ว 1.5 m/s และระหว่างความเร็วที่ 1.0 m/s และความเร็ว 1.5 m/s

ตารางที่ 8 แสดง ANOVA เวลาการเกิดสัญญาณ EMG (Onset Latency) เมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อมัดแรกที่เกิดสัญญาณ (Pectoralis Major) ในการว่ายน้ำท่าควอลด้วยความเร็ว 3 ระดับ

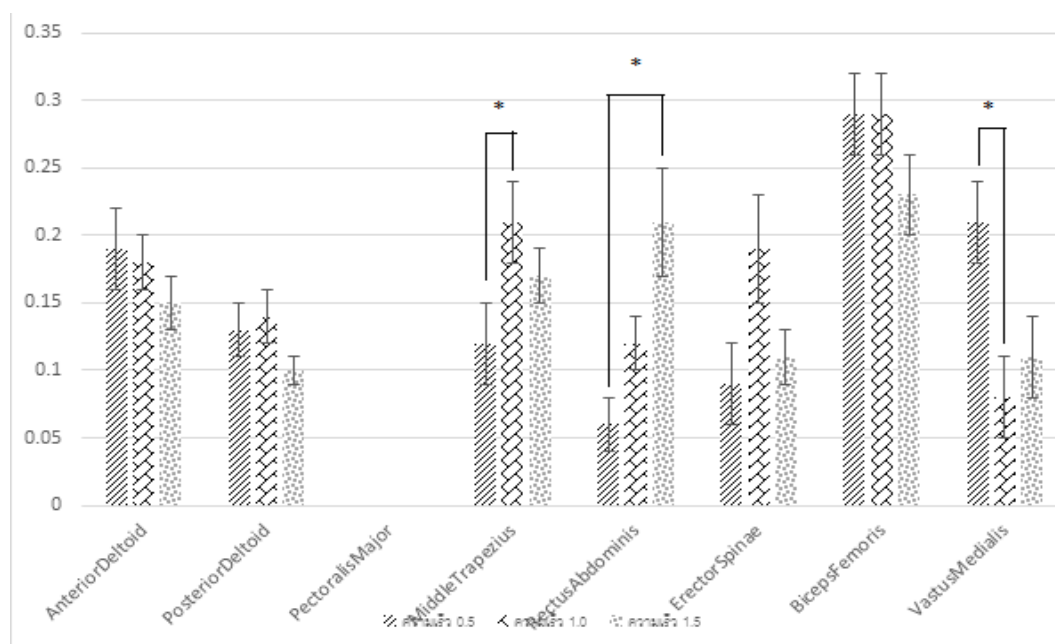
	Sum of squares	Mean Squares	F	Sig.
1. Anterior Deltoid	.02	.01	.89	.42
2. Posterior Deltoid	.01	.01	.80	.45
3. Pectoralis Major	.00	.00		
4. Middle Trapezius	.07	.03	3.70	.03
5. Rectus Abdominis	.16	.08	6.99	.01
6. Erector Spinae	.08	.04	2.86	.07
7. Biceps Femoris	.03	.01	1.01	.37
8. Vastus Medialis	.13	.07	4.90	.01

ตารางที่ 9 แสดงเวลาการเกิดสัญญาณ EMG (Onset Latency) เมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อมัดแรกที่เกิดสัญญาณ (Pectoralis Major) ในการว่ายน้ำท่าควอลด้วยความเร็ว 3 ระดับ

Muscles	Laminar Velocity		
	0.5 m/s ($\bar{x} \pm SD$)	1.0 m/s ($\bar{x} \pm SD$)	1.5 m/s ($\bar{x} \pm SD$)
1. Anterior Deltoid	0.19 ± 0.12	0.18 ± 0.09	0.15 ± 0.06
2. Posterior Deltoid	0.13 ± 0.10	0.14 ± 0.08	0.10 ± 0.05
3. Pectoralis Major			
4. Middle Trapezius	0.12 ± 0.10	0.21 ± 0.10	0.17 ± 0.09*
5. Rectus Abdominis	0.06 ± 0.07	0.12 ± 0.09	0.21 ± 0.15#
6. Erector Spinae	0.09 ± 0.12	0.19 ± 0.15	0.11 ± 0.09
7. Biceps Femoris	0.29 ± 0.13	0.29 ± 0.12	0.23 ± 0.12
8. Vastus Medialis	0.21 ± 0.19	0.08 ± 0.10	0.11 ± 0.13*

* หมายถึง มีความแตกต่างกันระหว่างความเร็วที่ 0.5 และความเร็วที่ 1.0 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

หมายถึง มีความแตกต่างกันระหว่างความเร็วที่ 0.5 และความเร็วที่ 1.5 อย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05



หมายเหตุ กล้ามเนื้อ Pectoralis Major เป็นกล้ามเนื้อมัดแรก (First Onset Latency) ที่เกิดกระแสไฟฟ้า กล้ามเนื้อ EMG ซึ่งเริ่มที่ 0 วินาที

* หมายถึง มีความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติที่ระดับ 0.05

แผนภูมิที่ 4 แสดงแผนภูมิเวลาการเกิดสัญญาณ EMG (Onset Latency) เมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อมัดแรกที่เกิดสัญญาณ (Pectoralis Major) ในการว่ายน้ำท่าควอลด้วยความเร็ว 3 ระดับ

จากตารางที่ 9 และรูปที่ 4 พบว่า เวลาการเกิด Onset Latency ของกล้ามเนื้อ Vastus Medialis ของการว่ายน้ำท่าควอลลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ Middle Trapezius แสดงผลตรงกันข้าม เมื่อเทียบระหว่างความเร็ว 0.5 และ 1.0 m/s และเมื่อเทียบระหว่างความเร็ว 0.5 และ 1.5 m/s พบว่า Onset Latency ของกล้ามเนื้อ Rectus Abdominis เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของกล้ามเนื้อใดเลยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว 1.0 m/s และ 1.5 m/s

1. กล้ามเนื้อ Anterior Deltoid มีค่าเฉลี่ยระยะเวลาลำดับการทำงานของกล้ามเนื้อโดยวิธีการของ EMG ที่ความเร็ว 0.5 m/s เท่ากับ 0.19 ± 0.12 ความเร็ว 1.0 m/s เท่ากับ 0.18 ± 0.09 และความเร็ว 1.5 เท่ากับ 0.15 ± 0.06 ไม่แสดงความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว
2. กล้ามเนื้อ Posterior Deltoid มีค่าเฉลี่ยระยะเวลาลำดับการทำงานของกล้ามเนื้อโดยวิธีการของ EMG ที่ความเร็ว 0.5 m/s เท่ากับ 0.13 ± 0.10 ความเร็ว 1.0 m/s เท่ากับ $0.14 \pm$

- 0.08 และความเร็ว 1.5 เท่ากับ 0.10 ± 0.05 ไม่แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว
3. กล้ามเนื้อ Pectoralis Major มีค่าเฉลี่ยระยะเวลาลำดับการทำงานของกล้ามเนื้อโดยวิธีการของ EMG ที่ความเร็ว 0.5 m/s เท่ากับ 0.00 ± 0.00 ความเร็ว 1.0 m/s เท่ากับ 0.00 ± 0.00 และความเร็ว 1.5 เท่ากับ 0.00 ± 0.00 ไม่แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว
 4. กล้ามเนื้อ Middle Trapezius มีค่าเฉลี่ยระยะเวลาลำดับการทำงานของกล้ามเนื้อโดยวิธีการของ EMG ที่ความเร็ว 0.5 m/s เท่ากับ 0.12 ± 0.10 ความเร็ว 1.0 m/s เท่ากับ 0.21 ± 0.10 และความเร็ว 1.5 เท่ากับ 0.17 ± 0.09 แสดงการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบ ระหว่างความเร็ว 0.5 m/s และความเร็วที่ 1.0 m/s
 5. กล้ามเนื้อ Rectus Abdominis มีค่าเฉลี่ยระยะเวลาลำดับการทำงานของกล้ามเนื้อโดยวิธีการของ EMG ที่ความเร็ว 0.5 m/s เท่ากับ 0.06 ± 0.07 ความเร็ว 1.0 m/s เท่ากับ 0.12 ± 0.09 และความเร็ว 1.5 เท่ากับ 0.21 ± 0.15 แสดงการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบ ระหว่างความเร็ว 0.5 m/s และความเร็ว 1.5 m/s
 6. กล้ามเนื้อ Erector Spinae มีค่าเฉลี่ยระยะเวลาลำดับการทำงานของกล้ามเนื้อโดยวิธีการของ EMG ที่ความเร็ว 0.5 m/s เท่ากับ 0.09 ± 0.12 ความเร็ว 1.0 m/s เท่ากับ 0.19 ± 0.15 และความเร็ว 1.5 เท่ากับ 0.11 ± 0.09 ไม่แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว
 7. กล้ามเนื้อ Biceps Femoris มีค่าเฉลี่ยระยะเวลาลำดับการทำงานของกล้ามเนื้อโดยวิธีการของ EMG ที่ความเร็ว 0.5 m/s เท่ากับ 0.29 ± 0.13 ความเร็ว 1.0 m/s เท่ากับ 0.29 ± 0.12 และความเร็ว 1.5 เท่ากับ 0.23 ± 0.12 ไม่แสดงความแตกต่างกันอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติในการเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว
 8. กล้ามเนื้อ Vastus Medialis มีค่าเฉลี่ยระยะเวลาลำดับการทำงานของกล้ามเนื้อโดยวิธีการของ EMG ที่ความเร็ว 0.5 m/s เท่ากับ 0.21 ± 0.19 ความเร็ว 1.0 m/s เท่ากับ 0.08 ± 0.10 และความเร็ว 1.5 เท่ากับ 0.11 ± 0.13 แสดงการเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญเมื่อเปรียบเทียบ ระหว่างความเร็ว 0.5 m/s และความเร็วที่ 1.0 m/s

บทที่ 5

อภิปรายผลและข้อเสนอแนะ

การวิจัยครั้งนี้ มีวัตถุประสงค์เพื่อศึกษาผลของความเร็วการไหลของน้ำในอุโมงค์น้ำต่อชีวกลศาสตร์ของการว่ายน้ำท่าครอว์ลในนักกีฬาว่ายน้ำสมัครเล่น โดยทำการคัดเลือกแบบสุ่มตัวอย่างแบบเฉพาะเจาะจง (Purposive Sampling) คือ นักกีฬาว่ายน้ำสมัครเล่นเพศชายท่าครอว์ล จากชมรมว่ายน้ำสิงห์ คอร์เปอเรชั่น จำนวน 15 คน อายุระหว่าง 18-25 ปี โดยสถิติการว่ายน้ำท่าครอว์ลในระยะทาง 50 m. อยู่ระหว่าง 33.3 ถึง 27.8 วินาที และให้กลุ่มตัวอย่างทั้งหมดทำการติดเครื่อง EMG เพื่อทดสอบว่ายน้ำท่าครอว์ลด้วยความเร็ว 3 ระดับ จากนั้นนำค่าที่ได้ทั้งหมดมาวิเคราะห์ข้อมูลทางสถิติ หาค่าเฉลี่ยและส่วนเบี่ยงเบนมาตรฐาน และทดสอบ One Way ANOVA เพื่อหาความแตกต่างกันของตัวแปรดังต่อไปนี้

ผลการวิจัยพบว่า

อัตราส่วนการหดตัวกล้ามเนื้อของคลื่นไฟฟ้า EMG/MVC (Intensity) ของกล้ามเนื้อส่วนใหญ่ของการว่ายน้ำท่าครอว์ลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว 0.5 m/s และความเร็ว 1.5 m/s พบว่ากล้ามเนื้ออกกล้ามเนื้อเกือบทุกมัด ยกเว้น Posterior Deltoid และ Middle Trapezius แสดงการเพิ่มขึ้นของ EMG/MVC อย่างมีนัยสำคัญ ขณะที่เมื่อเทียบระหว่างความเร็ว 1.0 m/s และความเร็ว 1.5 m/s พบว่ากล้ามเนื้อลำตัวและกล้ามเนื้อขา ได้แก่ Rectus Abdominis, Erector Spinae, Biceps Femoris และ Vastus Medialis มีการเพิ่มขึ้นของการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงอย่างมีนัยสำคัญ

เวลาการเพิ่มของ EMG ลดลง เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว 0.5 และ 1.0 m/s และกล้ามเนื้อบางส่วนในการว่ายน้ำแสดงเวลาการเพิ่มของ EMG ลดลงเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว 1.0 และ 1.5 m/s ในทางตรงกันข้าม กล้ามเนื้อบางส่วนในการว่ายน้ำแสดงเวลาการเพิ่มของ EMG เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว 0.5 และ 1.0 m/s และกล้ามเนื้อบางส่วนในการว่ายน้ำแสดงเวลาการเพิ่มของ EMG เพิ่มขึ้นเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว 1.0 และ 1.5 m/s ทั้งนี้ทั้งนั้นการเวลาเพิ่มของ EMG ถึงจุดสูงสุดของกล้ามเนื้อทุกมัด ไม่แสดงผลต่างอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบในทุกความเร็ว

อัตราการเพิ่มของ EMG (Rate of EMG Development) ในกล้ามเนื้อส่วนใหญ่ของการว่ายน้ำน้ำท่าครอว์ลเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ เมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว 0.5 m/s และความเร็ว 1.5 m/s และระหว่างความเร็ว 1.0 m/s และความเร็ว 1.5 m/s พบว่ากล้ามเนื้อลำตัวและกล้ามเนื้อขา ได้แก่ Rectus Abdominis, Erector Spinae, Biceps Femoris และ Vastus Medialis มีการเพิ่มขึ้นของอัตราการเพิ่มของ EMG อย่างมีนัยสำคัญ โดยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของกล้ามเนื้อใดเลยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว 0.5 และ 1.0 m/s

เวลาการเกิด Onset Latency ของกล้ามเนื้อ Vastus Medialis ของการว่ายน้ำน้ำท่าครอว์ลลดลงอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ ในขณะที่ Middle Trapezius แสดงผลตรงกันข้าม เมื่อเทียบระหว่างความเร็ว 0.5 และ 1.0 m/s และเมื่อเทียบระหว่างความเร็ว 0.5 และ 1.5 m/s พบว่า Onset Latency ของกล้ามเนื้อ Rectus Abdominis เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติ แต่ไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของกล้ามเนื้อใดเลยเมื่อเปรียบเทียบระหว่างความเร็ว 1.0 m/s และ 1.5 m/s

อภิปรายผลการวิจัย

จากอัตราส่วนการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุดของคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ EMG/MVC (Maximum Intensity) ของกล้ามเนื้อ 8 มัด พบว่า ในการว่ายน้ำน้ำท่าครอว์ลด้วยความเร็วการไหลของน้ำทั้ง 3 ความเร็ว กล้ามเนื้อ Posterior Deltoid ซึ่งทำหน้าที่ออกแรงในท่า Shoulder Extension มีค่า EMG/MVC สูงสุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Martens และคณะ (Martens et al., 2015) ซึ่งกล่าวว่า เทคนิคการว่ายน้ำน้ำท่าครอว์ลที่เป็นที่นิยมของนักกีฬาว่ายน้ำชั้นยอด ซึ่งจะใช้เทคนิคการดึงแขนที่คล้ายคลึงกันโดยใช้ “S-shaped” เป็นการดึงแขนเป็นตัว S ซึ่งสามารถดึงแขนและจับน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ ดังนั้นขณะที่ดึงแขนช่วงใต้น้ำนั้น ข้อไหล่จะเคลื่อนไหวในท่า Shoulder Extension โดยจากผลการวิจัยนี้ จึงน่าจะเป็นการทำงานของกล้ามเนื้อ Posterior Deltoid เป็นกล้ามเนื้อหลักในการว่ายน้ำทั้ง 3 ความเร็ว เมื่อพิจารณาถึงกล้ามเนื้อมัดอื่นๆ ที่มีค่า EMG/MVC ถัดมา พบว่า ทั้ง 3 ความเร็ว กล้ามเนื้อที่มีค่า EMG/MVC เป็นลำดับถัดมาคือ Anterior Deltoid และ Pectoralis Major ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า กล้ามเนื้อหลักในการว่ายน้ำน้ำท่าครอว์ลในทุกความเร็วคือกล้ามเนื้อที่ควบคุมการเคลื่อนไหวของข้อไหล่ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Pink และคณะ (Pink et al., 1991) ซึ่งกล่าวว่า ในการว่ายน้ำน้ำท่าครอว์ลของนักกีฬาว่ายน้ำชั้นยอด แสดงรูปแบบการทำงานของกล้ามเนื้อแขนคือ Posterior Deltoid, Anterior Deltoid และ Pectoralis Major ในการดึงแขน

และจับน้ำเพื่อให้เคลื่อนที่ไปด้านหน้าด้วยความเร็ว และกล้ามเนื้อ Middle Trapezius ทำหน้าที่ในการดึงแขนขึ้นเหนือผิวน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Rouard และคณะ (Rouard et al., 1994) กล่าวว่ากล้ามเนื้อที่สำคัญในการว่ายน้ำท่าครอล ซึ่งทำหน้าที่ในการออกแรงดึงแขนหรือจับน้ำเพื่อให้เคลื่อนที่ไปด้านหน้า และดึงแขนขึ้นเหนือผิวน้ำและเหยียดแขนไปด้านหน้าเพื่อเริ่มการดึงในสโตรกถัดไป เป็นการทำหน้าที่ของกล้ามเนื้อหัวไหล่ และกล้ามเนื้อลำตัว ดังนั้นในนักกีฬาว่ายน้ำระยะสั้นเมื่อมีความแข็งแรงของกล้ามเนื้อแขนและกล้ามเนื้อลำตัวมาก จึงน่าจะทำให้มีความเร็วในการดึงแขนเพิ่มมากขึ้น (Seifert, Toussaint, et al., 2010) และเมื่อพิจารณาการทำงานของกล้ามเนื้อที่ความเร็ว 0.5 m/s พบว่า ค่า EMG/MVC ของกล้ามเนื้อทั้ง 8 มัด มีการทำงานคล้ายๆ กัน คือกลุ่มกล้ามเนื้อแขน มีค่าสูงสุด ตามมาด้วยกลุ่มกล้ามเนื้อขาและกล้ามเนื้อลำตัว ในขณะที่ว่ายน้ำด้วยความเร็วสูงขึ้น แม้ว่ากล้ามเนื้อลำตัวมีค่า EMG/MVC เพิ่มขึ้น แต่จะพบว่ากล้ามเนื้อขาโดยเฉพาะ Vastus Medialis จะเพิ่มสูงขึ้นมากกว่ากล้ามเนื้อลำตัว ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Kim และคณะ (Kim et al., 2014) ที่กล่าวว่า แม้ว่ากล้ามเนื้อหลังทำหน้าที่สำคัญในการควบคุมการเคลื่อนไหวของกระดูกสันหลัง ท่าทาง และความมั่นคงของลำตัว กล้ามเนื้อขายังเป็นส่วนสำคัญในการพุ่งตัวให้ลอยอยู่ใกล้ผิวน้ำเพื่อลดแรงต้านของน้ำที่ไหลผ่านลำตัวอีกด้วย ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่า เมื่อว่ายน้ำที่ความเร็วเพิ่มขึ้น กล้ามเนื้อลำตัวจะช่วยเสริมการเคลื่อนไหวของลำตัวในการแหวกว่ายในน้ำ โดยกล้ามเนื้อขาจะออกแรงเพิ่มขึ้นเพื่อพุ่งส่วนขาให้อยู่ในระดับที่เหมาะสมเพื่อให้เคลื่อนที่ผ่านน้ำไปได้อย่างรวดเร็วที่สุด ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gatta และคณะ (Gatta et al., 2012) ที่กล่าวว่า การเคลื่อนไหวของขาช่วยในการว่ายน้ำท่าครอล 20% ดังนั้นจึงอาจกล่าวได้ว่าการว่ายน้ำท่าครอลไม่เพียงแต่ใช้กล้ามเนื้อแขนเพียงอย่างเดียว จะต้องมีการทำงานประสานสัมพันธ์ของกล้ามเนื้อลำตัว และกล้ามเนื้อขา โดยกล้ามเนื้อลำตัวทำหน้าที่ในการสร้างความมั่นคงและส่งผ่านแรงจากกล้ามเนื้อแขนไปยังกล้ามเนื้อขาด้วย จึงอาจเสนอแนะได้ว่าถ้าต้องการเพิ่มความสามารถในการว่ายน้ำให้เร็วขึ้นกล้ามเนื้อแขนจึงยังคงเป็นกล้ามเนื้อหลักในการฝึกฝน โดยหากกล้ามเนื้อแขนมีความแข็งแรงมากก็น่าจะส่งผลให้นักกีฬาว่ายน้ำได้เร็วขึ้น แต่ทั้งนี้ทั้งนั้นกล้ามเนื้อลำตัวและกล้ามเนื้อขาขณะว่ายน้ำเร็วขึ้นนั้น ก็แสดงถึงการทำงานที่เพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ดังนั้นการพัฒนาความเร็วในการว่ายน้ำจึงยังควรคำนึงถึงกล้ามเนื้อลำตัวและกล้ามเนื้อขาคู่กัน

ระยะเวลาในการเกิดกระแส EMG ไปยังจุดสูงสุดของ EMG (Time to Peak) (ตารางที่ 5) จากผลการวิจัยไม่พบความแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญทางสถิติของกล้ามเนื้อทุกมัดในทุกความเร็วการว่ายน้ำ แสดงถึงรูปแบบการออกแรงของกล้ามเนื้อ 8 มัดนี้ มีความเร็วในการหดตัวไม่แตกต่างกันใน

ทุกความเร็วการว่ายน้ำ จึงอาจกล่าวได้ว่า เนื่องจากนักกีฬาที่นำมาวิจัยในครั้งนี้ เป็นนักกีฬาที่ได้รับการฝึกฝนมาในระดับสูงจึงมีความสามารถในการว่ายน้ำได้อย่างดีเยี่ยม ดังนั้นประสิทธิภาพของการทำงานของกล้ามเนื้อจึงอยู่ในระดับสูง จึงมีความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อใกล้เคียงกันในทุกความเร็วในการว่ายน้ำ สอดคล้องกับงานวิจัยของ Leisson และคณะ (Leisson et al., 2008) กล่าวว่า กล้ามเนื้อจะมีเปลี่ยนแปลงการเผาผลาญเอโนไซม์และมีปริมาณออกซิเจนเพิ่มขึ้น ส่งผลให้เส้นใยกล้ามเนื้อมีการเปลี่ยนแปลงจาก type II เป็น type I ซึ่งเมื่อนักกีฬาที่ได้รับการฝึกกล้ามเนื้อในระดับที่สูงจะมีหดตัวของกล้ามเนื้อได้อย่างรวดเร็วและมีประสิทธิภาพในการทำงานของกล้ามเนื้อที่สูง แต่อย่างไรก็ตามเมื่อวิเคราะห์รูปแบบการหดตัวของกล้ามเนื้อโดยวิเคราะห์ถึงอัตราการเพิ่มความหนักของ EMG (Rate of EMG Development) (ตารางที่ 7) พบว่า กล้ามเนื้อ Rectus Abdominis, Erector Spinae, Biceps Femoris และ Vastus Medialis แสดงการแตกต่างอย่างมีนัยสำคัญ เมื่อเปรียบเทียบขณะว่ายน้ำด้วยความเร็ว 0.5 และ 1.5 m/s และ ระหว่าง 1.0 และ 1.5 m/s แสดงว่า เมื่อความเร็วในการว่ายน้ำสูงขึ้น กล้ามเนื้อกลุ่มนี้แสดงการเพิ่มความหนักในการออกแรงด้วยอัตราที่เร็วขึ้น จากผลการวิจัยดังกล่าวจึงอาจกล่าวได้ว่ากล้ามเนื้อลำตัว (Rectus Abdominis และ Erector Spinae) รวมถึงกล้ามเนื้อขา (Biceps Femoris และ Vastus Medialis) มีการเคลื่อนไหวที่ทรงพลังมากขึ้น คือสามารถออกแรงเพิ่มขึ้นในเวลาใกล้เคียงกันเมื่อเพิ่มความเร็วในการว่ายน้ำ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Moseley และคณะ (Moseley et al., 2002) ซึ่งกล่าวว่าเมื่อว่ายน้ำด้วยความเร็วที่สูง กล้ามเนื้อลำตัวไม่เพียงแต่สร้างความมั่นคงและส่งผ่านแรงไปยังกล้ามเนื้อส่วนแขนและขา แต่มีการเคลื่อนไหวที่มีประสิทธิภาพอย่างมากในการบิดตัว ซ้าย-ขวา ในการช่วยกล้ามเนื้อขาให้สามารถออกแรงเพิ่มขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Arellano และคณะ (Arellano et al., 2002) กล่าวว่าเมื่อว่ายน้ำด้วยความเร็วที่สูงขึ้น การเตะขาหรือ Flutter-Kick ไม่เพียงแต่ทำหน้าที่ในการเตะเพื่อพยุงลำตัวให้อยู่ระดับผิวน้ำเพียงอย่างเดียว แต่สามารถออกแรงเพิ่มขึ้นในเวลาใกล้เคียงกันเพื่อให้การว่ายน้ำไปด้วยความเร็วได้อีกด้วย และสอดคล้องกับงานวิจัยของ von Loebbecke และคณะ (von Loebbecke et al., 2009) ซึ่งกล่าวว่าในการเตะขา จะแปรผันตามความเร็วของการว่ายน้ำ คือเมื่อว่ายน้ำด้วยความเร็วที่สูงขึ้นกลุ่มกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ในการเตะขาจะแสดงความหนักในการออกแรงเร็วเพิ่มขึ้น และทรงพลังมากขึ้น จากผลงานวิจัยของตัวแปรทั้ง 2 ค่านี้ จึงอาจสรุปได้ว่าการว่ายน้ำท่าครอว์ล เมื่อนักกีฬาที่ได้รับการฝึกฝนมาซึ่งอยู่ในระดับสูง มีความสามารถในการว่ายน้ำอย่างยอดเยี่ยม ประสิทธิภาพในการทำงานของกล้ามเนื้อและความเร็วของการหดตัวของกล้ามเนื้อจึงอยู่ในระดับที่สูง เมื่อว่ายน้ำด้วยความเร็วมากขึ้น ความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อแสดงให้เห็นว่าไม่

แตกต่างกัน แต่กลุ่มกล้ามเนื้อลำตัวและขาแสดงให้เห็นว่ามีความหนักในการออกแรงเพิ่มขึ้น เพื่อทำการเตะขาได้เร็วและทรงพลังมากขึ้น โดยที่ว่ายน้ำได้เร็วขึ้นไม่เพียงแต่ใช้กล้ามเนื้อแขนเพียงอย่างเดียว จึงอาจเสนอแนะได้ว่า การพัฒนาความเร็วในการว่ายน้ำท่าครอว์ลนี้โดยเฉพาะการฝึกฝนกล้ามเนื้อลำตัวและกล้ามเนื้อขา นอกจากจะคำนึงถึงแรงของกล้ามเนื้อที่ควรพัฒนา จากที่กล่าวมาข้างต้นแล้ว ยังควรพัฒนาพลังของกล้ามเนื้อลำตัวและกล้ามเนื้อขาวย เพื่อให้สามารถระเบิดพลังของกล้ามเนื้อได้สูงขึ้นในเวลาทีใกล้เคียงกับการว่ายน้ำที่ความเร็วตัวนั่นเอง

จากเวลาการเกิดสัญญาณ EMG (Onset Latency) (ตารางที่ 9) พบว่า Pectoralis Major เป็นกล้ามเนื้อมัดแรกที่เริ่มพบ EMG ทั้ง 3 ความเร็ว ดังนั้น เมื่อเปรียบเทียบกับช่วงการเคลื่อนไหวเริ่มจากเมื่อมือสัมผัสผิวน้ำหรือเริ่มเข้า Entry and Catch พบว่าการเคลื่อนไหวหลักในช่วงนี้คือการดึงแขนเข้าหาลำตัว ซึ่งเป็นท่าทางการเคลื่อนไหวหลักของกล้ามเนื้อ Pectoralis Major และพบว่าเป็นกล้ามเนื้อมัดแรกที่เริ่มทำงาน กล้ามเนื้อมัดนี้จึงน่าจะเป็นกล้ามเนื้อหลักที่ทำงานในช่วงนี้ ซึ่งสอดคล้องกับงานของ Piette และคณะ (Piette & Clarys, 1979) ที่พบว่า ในการว่ายน้ำท่าครอว์ลกล้ามเนื้อ Pectoralis Major จะเป็นกล้ามเนื้อหลักในการดึงตัวผ่านน้ำ และเมื่อวิเคราะห์ที่ความเร็ว 0.5 m/s พบว่ากล้ามเนื้อที่ทำงานถัดมาคือ Rectus Abdominis และ Erector Spinae ตามลำดับ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ (Rouard & Billat, 1990) ซึ่งกล่าวว่า กล้ามเนื้อลำตัวทำหน้าที่ในช่วง Pull phase หรือช่วงการเคลื่อนไหวถัดมา เพื่อส่งผ่านแรงในการว่ายน้ำจากแขนไปสู่การทำงานของกล้ามเนื้อขา จึงพบการเริ่มทำงานของกล้ามเนื้อขาในลำดับท้ายๆ ของกล้ามเนื้อทั้งหมด อย่างไรก็ตาม ที่ความเร็ว 1.0 และ 1.5 m/s กล้ามเนื้อลำตัวในส่วนของ Rectus Abdominis และ Erector Spinae เริ่มสลับลำดับกันคือ Rectus Abdominis ทำงานก่อน Erector Spinae ที่ความเร็ว 1.0 m/s แต่ที่ความเร็ว 1.5 m/s แสดงผลตรงกันข้ามกัน ดังนั้นจึงน่าจะเกิดเนื่องจาก ขณะว่ายน้ำท่าครอว์ลนั้นลำตัวจะบิดไปมาเพื่อไหลผ่านน้ำ และเมื่อต้องว่ายน้ำเร็วขึ้น การทำงานของกล้ามเนื้อลำตัวจึงเพิ่มความเร็วมากขึ้น จึงมีการสลับลำดับการทำงานเพื่อปรับท่าทางให้เหมาะสมต่อการเคลื่อนไหวแขนและขา สอดคล้องกับงานวิจัยของ Butcher และคณะ (Butcher et al., 2007) ซึ่งกล่าวว่า กล้ามเนื้อลำตัวมีส่วนสำคัญทำให้การว่ายน้ำท่าครอว์ลมีความมั่นคงมากขึ้น ดังนั้นเมื่อมีการเคลื่อนไหวที่เร็วขึ้น กล้ามเนื้อลำตัวในส่วนของ Rectus Abdominis และ Erector Spinae จึงไม่ทำงานพร้อมกัน แต่จะสลับกันทำงานเพื่อให้ลำตัวมีการเคลื่อนไหวให้สอดคล้องกับการเคลื่อนไหวแขนและขา ในส่วนของกล้ามเนื้อที่ทำงานถัดมาคือกล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่ในการควบคุมแขนได้แก่ Deltoid ทั้ง Anterior และ Posterior part ซึ่งสอดคล้องกับช่วงการเคลื่อนไหวในช่วงท้ายๆ ของ Pull และ Push phase ที่

อาศัยการทำงานของกล้ามเนื้อแขนเป็นหลักในการดึงตัวให้ไหลผ่านน้ำได้ ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Nikodelis และคณะ (Nikodelis et al., 2005) ซึ่งกล่าวว่า กล้ามเนื้อที่ทำหน้าที่สำคัญในการว่ายน้ำท่าครอว์ล ส่วนแขนและหัวไหล่ ในช่วงของ Pull และ Push phase ส่วนกล้ามเนื้อควบคุมสะบัก คือ กล้ามเนื้อ Middle Trapezius จะทำหน้าที่ Retract Scapular จึงสอดคล้องกับการเคลื่อนไหวในท่าช่วงท้ายของ Pushing และ Recovery phase ซึ่งจะดึงแขนไปทางด้านหลัง และยกลอยพื้นผิวน้ำ จึงพบว่ามี การเริ่มทำงานของกล้ามเนื้อมัดนี้ในช่วงท้ายๆ เมื่อเทียบกับกล้ามเนื้อ Pectoralis Major และจากผลงานวิจัยนี้ พบว่า กล้ามเนื้อขา โดยเฉพาะกล้ามเนื้อ Biceps Femoris จะเริ่มทำงานเป็นอันดับสุดท้ายในทุกความเร็ว เมื่อพิจารณาถึงช่วงการเคลื่อนไหวจะพบว่า การเริ่มทำงานของ Biceps Femoris น่าจะเกิดในช่วงท้ายของการเคลื่อนไหว หรือระยะ Recovery phase ซึ่งการเคลื่อนไหวของขาจะทำหน้าที่พยุงส่วนล่างของลำตัวให้อยู่ในระดับที่ไม่จม หรือลอยจนเกินไป เพื่อให้ต้านน้ำน้อยที่สุด ดังนั้นจึงน่าจะทำการยกขาขึ้นเพื่อถ่วงสมดุลกับส่วนแขนที่ลอยพื้นผิวน้ำในทางตรงกันข้าม การทำงานของ Vastus Medialis นั้น พบว่า เมื่อว่ายน้ำเร็วขึ้น จะเริ่มทำงานเร็วขึ้น ซึ่งน่าจะเกิดจากการว่ายน้ำที่เร็วขึ้นต้องอาศัยการกระพือของขาที่เร็วขึ้นโดยเฉพาะในช่วงเตะขาลงเพื่อส่งลำตัวให้แหวกน้ำไปได้เร็วขึ้น ซึ่งสอดคล้องกับงานวิจัยของ Gatta และคณะ (Gatta et al., 2012) ที่กล่าวว่า การเคลื่อนไหวของขาช่วยในการว่ายน้ำท่าครอว์ล 20% ดังนั้นที่ความเร็วในการว่ายน้ำเพิ่มขึ้น นอกจากการดึงแขนขณะว่ายน้ำแล้ว จึงน่าจะมีการตีขาโดยเฉพาะช่วงตีขาลงน้ำเร็วขึ้นด้วย

สรุปผลการวิจัย

จากผลงานวิจัยดังกล่าว เมื่อวิเคราะห์ภาพรวมของตัวแปรทั้งหมดแล้วพบว่า เมื่อว่ายน้ำด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้นอัตราความหนักในการว่ายน้ำเพิ่มขึ้น ความเร็วในการหดตัวของกล้ามเนื้อไม่แตกต่างกัน แต่มีอัตราการเพิ่มความหนักของกล้ามเนื้อลำตัวและขาเพิ่มขึ้นอย่างมีนัยสำคัญ ซึ่งน่าจะสรุปได้ว่า การว่ายน้ำในทุกความเร็ว กล้ามเนื้อแขนซึ่งได้แก่ Anterior Deltoid, Posterior Deltoid, Pectoralis Major และ Middle Trapezius ทำงานเป็นกล้ามเนื้อหลัก โดยกล้ามเนื้อลำตัวได้แก่ Rectus Abdominis และ erector spinae ทำงานในการส่งแรง และถ่วงสมดุลขณะว่ายน้ำ ในขณะที่กล้ามเนื้อขาได้แก่ bicep femoris และ Vastus Medialis ทำงานในการช่วยเสริมความเร็วขณะว่ายน้ำ ดังนั้น เมื่อว่ายน้ำด้วยความเร็วที่เพิ่มขึ้น กล้ามเนื้อขาจะทำงานเพิ่มขึ้นในด้านความหนักในการออกแรงเพิ่มขึ้น และกล้ามเนื้อลำตัวจะทำงานเพิ่มขึ้นเพื่อส่งผ่านแรงไปยังกล้ามเนื้อแขนและขาได้อย่างมีประสิทธิภาพ อีกทั้งยังมีลำดับขั้นตอนการทำงานของกล้ามเนื้อที่เปลี่ยนแปลงไป ตามความเร็วในการว่ายน้ำอีกด้วย ซึ่งเมื่อว่ายน้ำด้วยความเร็วเพิ่มขึ้นลำดับการทำงานของกล้ามเนื้อขาจะทำงานเร็วขึ้น

ข้อเสนอแนะจากการวิจัย

จากผลการวิจัยนี้ การออกแบบโปรแกรมการฝึกเพิ่มความเร็วในการว่ายน้ำท่าครอว์ล นอกจากกล้ามเนื้อแขนที่เป็นกล้ามเนื้อหลักในเพิ่มความเร็วของการว่ายน้ำแล้ว โปรแกรมการฝึกควร จะให้ความสำคัญกับกล้ามเนื้อลำตัวเพื่อส่งผ่านแรงไปยังกล้ามเนื้อขา และจากผลการวิจัยยังพบว่า กล้ามเนื้อขายังเป็นกล้ามเนื้อที่ช่วยให้ว่ายน้ำท่าครอว์ลได้เร็วขึ้นเช่นกัน

รายการอ้างอิง

- Alberty, M. R., Potcevin, F. P., Dekerle, J., Pelayo, P. P., & Sodney, M. C. (2011). EFFECT OF STROKE RATE REDUCTION ON SWIMMING TECHNIQUE DURING PACED EXERCISE. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(2), 392-397.
- Arellano, R., Pardillo, S., & Gavilán, A. (2002). *Underwater undulatory swimming: Kinematic characteristics, vortex generation and application during the start, turn and swimming strokes*. Paper presented at the Proceedings of the XXth international symposium on biomechanics in sports.
- Butcher, S. J., Craven, B. R., Chilibeck, P. D., Spink, K. S., Grona, S. L., & Sprigings, E. J. (2007). The effect of trunk stability training on vertical takeoff velocity. *Journal of orthopaedic & sports physical therapy*, 37(5), 223-231.
- Caty, V., Aujouannet, Y., Hintzy, F., Bonifazi, M., Clarys, J. P., & Rouard, A. H. (2007). Wrist stabilisation and forearm muscle coactivation during freestyle swimming. *J Electromyogr Kinesiol*, 17(3), 285-291. doi:10.1016/j.jelekin.2006.02.005
- Chollet, D., Chabies, S., & Chatard, J. (2000). A new index of coordination for the crawl: description and usefulness. *International journal of sports medicine*, 21(01), 54-59.
- Deschodt, V., Arsac, L., & Rouard, A. (1999). Relative contribution of arms and legs in humans to propulsion in 25-m sprint front-crawl swimming. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology*, 80(3), 192-199.
- G.Psycharakis, S., B.Cooke, C., P.Paradisis, G., O.Hara, J., & Phillips, G. (2008). ANALYSIS OF SELECTED KINEMATIC AND PHYSIOLOGICAL PERFORMANCE DETERMINANTS DURING INCREMENTAL TESTING IN ELITE SWIMMERS. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 22(3), 951-957.
- Gatta, G., Cortesi, M., & Michele, R. D. (2012). Power production of the lower limbs in Flutter-Kick swimming. *Sports Biomechanics*, 11(4), 480-491.
- Hall, Carrie M, Brody, & Lori Thein. (2005). *Therapeutic exercise: moving toward function*: Lippincott Williams & Wilkins.

- Hislop, H., Avers, D., & Brown, M. (2013). *Daniels and Worthingham's muscle testing: Techniques of manual examination and performance testing*: Elsevier Health Sciences.
- Kim, C. Y., Choi, J. D., Kim, S. Y., Oh, D. W., Kim, J. K., & Park, J. W. (2014). Comparison between muscle activation measured by electromyography and muscle thickness measured using ultrasonography for effective muscle assessment. *J Electromyogr Kinesiol*, 24(5), 614-620. doi:10.1016/j.jelekin.2014.07.002
- Konrad, P. (2005). *The abc of emg. A practical introduction to kinesiological electromyography*, 1.
- Leeuwen, T., & Searing, H. (1998). *The springboard in the pond: an intimate history of the swimming pool*: Cambridge, Mass.: MIT Press.
- Leisson, K., Jaakma, Ü., & Seene, T. (2008). Adaptation of equine locomotor muscle fiber types to endurance and intensive high speed training. *Journal of Equine Veterinary Science*, 28(7), 395-401.
- Luttgens, K., Hamilton, N., & Deutsch, H. (1997). *Kinesiology: scientific basis of human motion*: Brown & Benchmark Madison, WI.
- Martens, J., Figueiredo, P., & Daly, D. (2015). Electromyography in the four competitive swimming strokes: A systematic review. *Journal of electromyography and kinesiology*, 25(2), 273-291.
- Milosevic, M., Shinya, M., Masani, K., Patel, K., McConville, K. M., Nakazawa, K., & Popovic, M. R. (2016). Anticipation of direction and time of perturbation modulates the Onset Latency of trunk muscle responses during sitting perturbations. *J Electromyogr Kinesiol*, 26, 94-101. doi:10.1016/j.jelekin.2015.12.003
- Moseley, G. L., Hodges, P. W., & Gandevia, S. C. (2002). Deep and superficial fibers of the lumbar multifidus muscle are differentially active during voluntary arm movements. *Spine*, 27(2), E29-E36.
- Neric, F. B., Beam, W. C., Brown, L. E., & Wiersma, L. D. (2009). Comparison of swim recovery and muscle stimulation on lactate removal after sprint swimming. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 23(9), 2560-2567.

- Nikodelis, T., Kollias, I., & Hatzitaki, V. (2005). Bilateral inter-arm coordination in freestyle swimming: effect of skill level and swimming speed. *J Sports Sci*, 23(7), 737-745. doi:10.1080/02640410400021955
- Osborough, C. D., Payton, C. J., & Daly, D. J. (2010). Influence of swimming speed on inter-arm coordination in competitive unilateral arm amputee front crawl swimmers. *Hum Mov Sci*, 29(6), 921-931. doi:10.1016/j.humov.2010.05.009
- Piette, G., & Clarys, J. (1979). Telemetric EMG of the front crawl movement. *Swimming III. University Park Press, Baltimore*, 153-159.
- Pink, M., Perry, J., Browne, A., Scovazzo, M. L., & Kerrigan, J. (1991). The normal shoulder during freestyle swimming An electromyographic and cinematographic analysis of twelve muscles. *The American Journal of Sports Medicine*, 19(6), 569-576.
- Prentice, W. E., & Kaminski, T. W. (2004). *Rehabilitation techniques for sports medicine and athletic training*: McGraw-hill New York:.
- Robertson, G., Caldwell, G., Hamill, J., Kamen, G., & Whittlesey, S. (2013). *Research methods in biomechanics, 2E: Human Kinetics*.
- Rouard, A., & Billat, R. (1990). Influences of sex and level of performance on freestyle stroke: an electromyography and kinematic study. *International journal of sports medicine*, 11(02), 150-155.
- Rouard, A., Schleihauf, R., & Troup, J. (1994). Relationships between hand forces and EMG in freestyle swimming. *Journal of Biomechanics*, 27(6), 685.
- Satkunskiene, D., Schega, L., Kunze, K., Birzinyte, K., & Daly, D. (2005). Coordination in arm movements during crawl stroke in elite swimmers with a loco-motor disability. *Human Movement Science*, 24, 54-65.
- Sayliss, L. (1997). Aquatic Exercise Therapy. *Physiotherapy*, 83(11), 601.
- Schnitzler, C., Brazier, T., Button, C., Seifert, L., & Chollet, D. (2011). Effect of velocity and added resistance on selected coordination and force parameters in front crawl. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(10), 2681-2690.
- Seifert, L., Leblanc, H., Chollet, D., & Delignières, D. (2010). Inter-limb coordination in swimming: effect of speed and skill level. *Human Movement Science*, 29(1), 103-113.

- Seifert, L., Toussaint, H., Alberty, M., Schnitzler, C., & Chollet, D. (2010). Arm coordination, power, and swim efficiency in national and regional front crawl swimmers. *Human Movement Science*, 29(3), 426-439.
- Toubekis, A. G., Adam, G. V., Douda, H. T., Antoniou, P. D., Douroundos, I. I., & Tokmakidis, S. P. (2011). Repeated sprint swimming performance after low-or high-intensity active and passive recoveries. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 25(1), 109-116.
- Turner, J. S. (1979). *Buoyancy effects in fluids*: Cambridge University Press.
- von Loebbecke, A., Mittal, R., Fish, F., & Mark, R. (2009). A comparison of the kinematics of the dolphin kick in humans and cetaceans. *Human Movement Science*, 28(1), 99-112.
- Wiltse, J. (2007). *Contested waters: A social history of swimming pools in America*: Univ of North Carolina Press.





ภาคผนวกที่ 1
แบบสอบถามข้อมูลผู้เข้าร่วมโครงการ

1. ข้อมูลทั่วไปของผู้เข้าร่วมโครงการ รหัส

อายุ.....ปี น้ำหนัก.....kg. ส่วนสูง.....cm BMI

โรคประจำตัว มี ไม่มี

วันเดือนปีเกิด.....

สถิติในการว่ายน้ำท่าครอว์ลครั้งล่าสุด.....

ประสบการณ์ในการแข่งขันว่ายน้ำท่าครอว์ล.....ระยะ

ปัจจุบัน ฝึกซ้อมว่ายน้ำ ครั้ง/สัปดาห์ ประมาณวันละ นาที

2. ข้อมูลทางด้านสุขภาพของผู้เข้าร่วมโครงการ

2.1) ท่านเคยได้รับบาดเจ็บในระดับที่ต้องเข้ารับการรักษาด้วยการผ่าตัดของกล้ามเนื้อ และข้อต่อหรือไม่?

ไม่ เคย (โปรดระบุ).....

2.2) ท่านมีโรคประจำตัวหรือไม่?

ไม่ มี (โปรดระบุ).....

2.3) ในระยะเวลา 6 เดือนก่อนเข้าร่วมโครงการ ท่านได้รับบาดเจ็บในระดับที่ต้องเข้ารับการรักษาด้วยวิธีการที่มากกว่าการทานยา หรือยาฉุนวด หรือไม่.....

ภาคผนวกที่ 2
แบบบันทึกข้อมูล

Subject ID

ความเร็วน้ำ	การทดสอบครั้งที่ 1	การทดสอบครั้งที่ 2	การทดสอบครั้งที่ 3
ครั้งที่ 1			
ครั้งที่ 2			
ครั้งที่ 3			

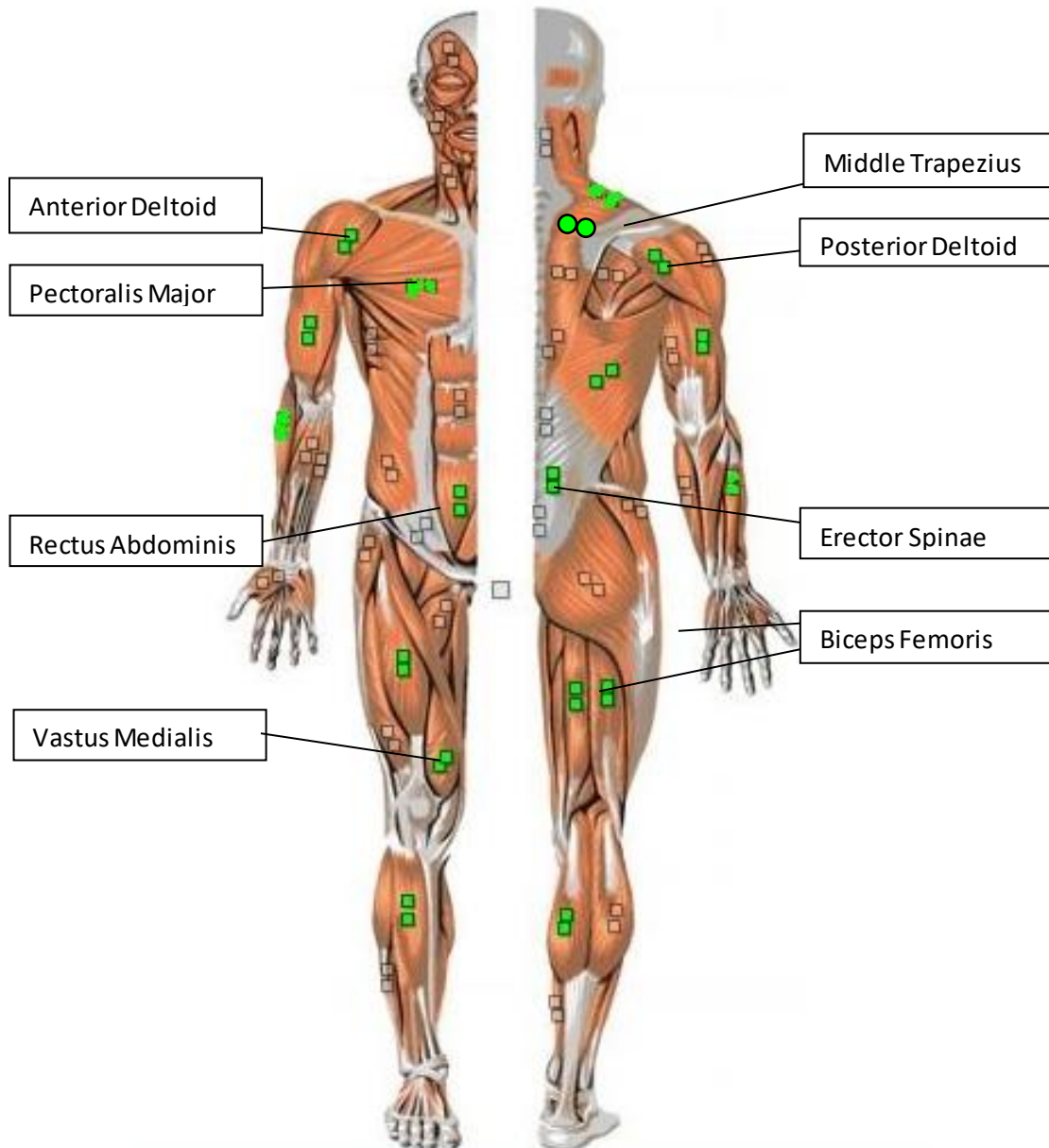


ภาคผนวกที่ 3
แบบบันทึกข้อมูล EMG,MVC

Subject ID

ลำดับที่	Muscles	Maximal Voluntary Contraction: MVC		
		การทดสอบ ครั้งที่ 1	การทดสอบ ครั้งที่ 2	การทดสอบ ครั้งที่ 3
1.	Anterior Deltoid			
2.	Posterior Deltoid			
3.	Pectoralis Major (Sternal Head)			
4.	Middle Trapizius			
5.	Rectus Abdominis			
6.	Elector Spinae			
7.	Vastus Medialis			
8.	Biceps Femoris			

ภาคผนวกที่ 4
แสดงตำแหน่งในการติด Electrode



รูปที่ 19 ตำแหน่งการติด Electrode ด้านหน้าและด้านหลังของร่างกาย

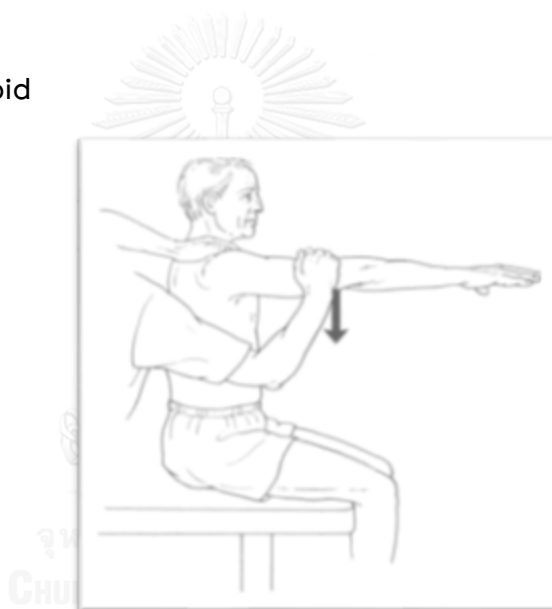
(Konrad, 2005)

ภาคผนวกที่ 5

การทดสอบ Maximal Voluntary Contraction: MVC

การทดสอบ Maximal Voluntary Contraction (MVC) คือ การทดสอบหาค่าสูงสุดการรับสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ Motor Unit Action Potential (MUAP) ในการหดตัวของกล้ามเนื้อสูงสุด ซึ่งมักจะทดสอบโดยการหดตัวของกล้ามเนื้อโดยใช้แรงต้านที่คงที่ และได้ผลของการหดตัวที่ตรงกับกล้ามเนื้อที่ต้องการจะทดสอบ และทำโดยผู้วิจัย ซึ่งผู้วิจัยเป็นผู้ให้แรงต้านในการเคลื่อนไหว เพื่อให้ผู้เข้าร่วมวิจัยออกแรงได้สูงสุด โดยมีนักกายภาพบำบัดควบคุมดูแลการทดสอบอย่างใกล้ชิด (Hislop et al., 2013) ดังวิธีต่อไปนี้

1. Anterior Deltoid



รูปที่ 20 แสดงการทดสอบของกล้ามเนื้อ Anterior Deltoid

กลุ่มตัวอย่าง: ให้กลุ่มตัวอย่างนั่งลำตัวตรง โดยยกแขนขึ้นไปด้านหน้าลำตัวทำมุม 90° แขนคว่ำ และออกแรงดันขึ้นในทิศทางตรงกันข้ามกับแรงต้านกับแรงที่ผู้วิจัยออกแรงต้าน

ผู้วิจัย: ยืนด้านข้างที่จะทดสอบ ใช้มือข้างซ้ายประคองบริเวณหัวไหล่ของกลุ่มตัวอย่างเพื่อรักษาเสถียรภาพและมือด้านขวาออกแรงต้านช่วงปลายกระดูกเหนือข้อศอกในทิศทางลงเข้าหาลำตัวของกลุ่มตัวอย่าง (ดังรูปที่ 20)

2. Posterior Deltoid

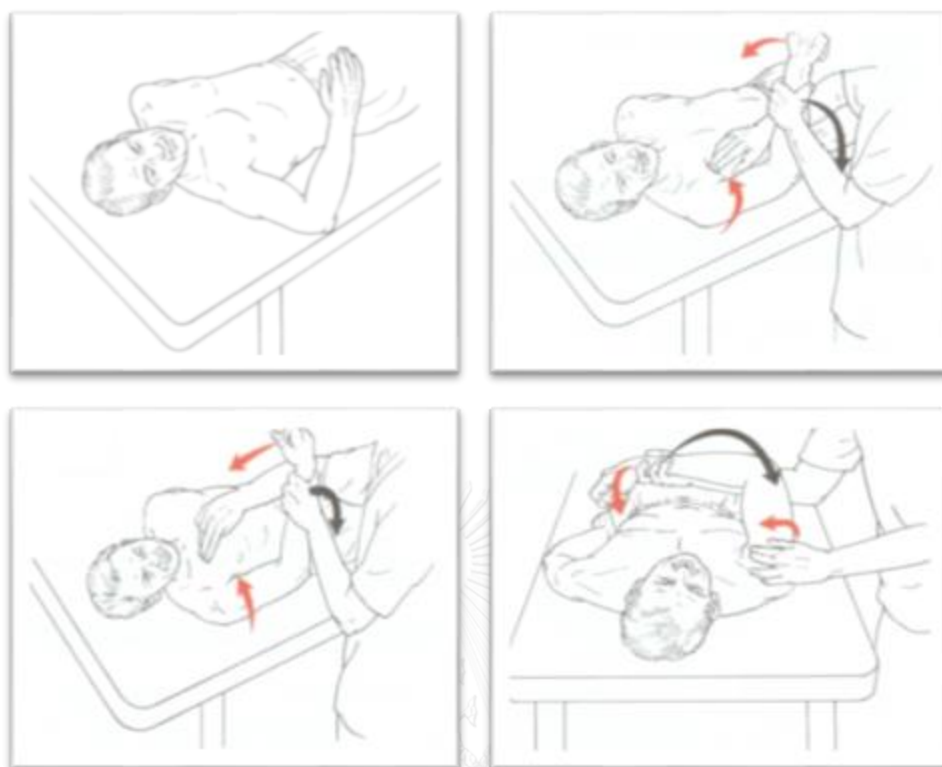


รูปที่ 21 แสดงการทดสอบของกล้ามเนื้อ Posterior Deltoid

กลุ่มตัวอย่าง: ให้กลุ่มตัวอย่างนอนคว่ำ ไหล่กางออก 90 °และแขนชิดขอบเตียง ข้อศอกงอกลุ่มตัวอย่างพยายามยกข้อศอกขึ้นเพื่อต้านแรงกดให้มากที่สุดทิศทางตามลูกศรสีแดง (ดังรูปที่ 21)

ผู้วิจัย: ผู้วิจัยยืนอยู่ด้านที่จะทดสอบ ใช้มือข้างซ้ายประคองบริเวณสะบักของกลุ่มตัวอย่างและมือข้างขวาออกแรงกดต้านทานบริเวณแขนด้านหลังเหนือข้อศอกของกลุ่มตัวอย่างในทิศทางตามลูกศรสีเทา (ดังรูปที่ 21)

3. Pectoralis Major



รูปที่ 22 แสดงการทดสอบของกล้ามเนื้อ Pectoralis Major

การตรวจสอบเบื้องต้น: เริ่มด้วยการให้กลุ่มตัวอย่างนอนหงายและตรวจสอบช่วงของการเคลื่อนไหว และทดสอบบริเวณหัวของ Pectoralis Major กลุ่มตัวอย่างเคลื่อนไหวแขนหุบเข้าระนาบแนวนอน ให้ขนานกับพื้นโดยไม่หมุน

กลุ่มตัวอย่าง: ให้กลุ่มตัวอย่างนอนหงาย ไหล่กางออก 90° และงอข้อศอก 90°

Sternal Head: เริ่มต้นทดสอบกลุ่มตัวอย่างโดยการกางไหล่ออก 120 องศา งอข้อศอก

ผู้วิจัย: ผู้วิจัยยืนอยู่ด้านข้างไหล่ที่จะทดสอบ ใช้มือออกแรงต้านทานบริเวณแขนส่วนปลายโดยจับบริเวณใกล้ๆข้อมือของกลุ่มตัวอย่าง มืออีกข้างใช้ในการตรวจสอบการทำงานของ Pectoralis Major ด้านบนหน้าอกที่อยู่ตรงกลางไปยังข้อต่อของไหล่

การทดสอบ sternal head: เริ่มด้วยการกางแขนออก 120 องศาและเคลื่อนไปตามแนวทแยงมุมลงเข้ามาตรงข้ามกับสะโพกของกลุ่มตัวอย่าง ออกแรงต้านข้อมือในทิศขึ้นและออก (คือตรงข้ามกับการเคลื่อนไหว sternal head ที่เป็นแนวทแยงมุมลงและเข้ามา)

4. Middle Trapezius



รูปที่ 23 แสดงการทดสอบกล้ามเนื้อ Middle Trapezius

กลุ่มตัวอย่าง: นอนคว่ำลำตัวตรงโดยที่มือทั้งสองข้างตั้งฉากกับลำตัว จากนั้นออกแรงดันแขนท
ทั้งสองข้างไปด้านหลังให้มากที่สุด

ผู้วิจัย: ยืนอยู่บริเวณด้านหลังของกลุ่มตัวอย่าง และใช้มือทั้งสองข้างออกแรงดันที่บริเวณข้อศอก
ของกลุ่มตัวอย่างแล้วออกแรงกดลงในทิศทางตามลูกศรสีเทา (ดังรูปที่ 23)

5. Rectus Abdominis



รูปที่ 24 แสดงการทดสอบกล้ามเนื้อ Rectus Abdominis

กลุ่มตัวอย่าง: นอนหงายพร้อมกับมือทั้งสองข้างประสานไว้ที่ท้ายทอย จากนั้นออกแรงเกร็งหน้าท้องและพยายามยกลำตัวส่วนบนขึ้นในทิศทางตรง ตามลูกศรสีแดง (ดังรูปที่ 24)

ผู้วิจัย: ยืนอยู่บริเวณด้านข้างลำตัวของกลุ่มตัวอย่าง และใช้มือทั้งสองข้างออกแรงกดที่บริเวณสะโพกของกลุ่มตัวอย่างเพื่อรักษาความสมดุลของกลุ่มตัวอย่างไม่ให้เสียการทรงตัวและออกแรงได้เต็มที่

6. Erector Spinae

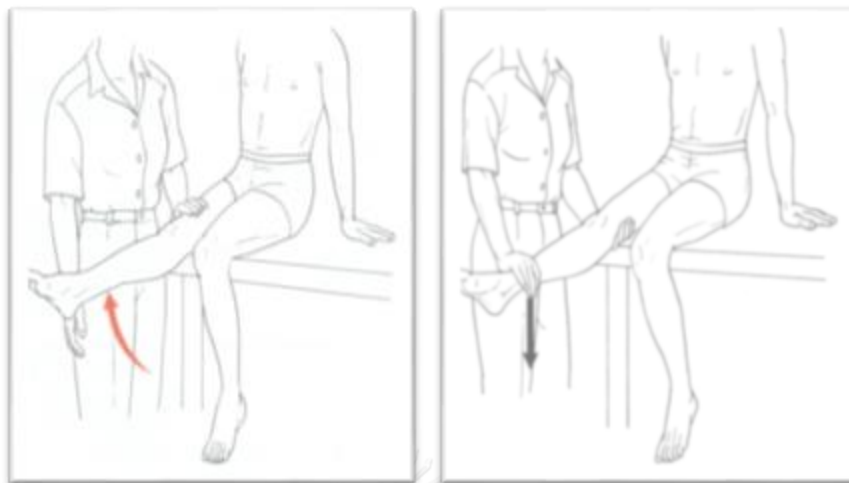


รูปที่ 25 แสดงการทดสอบกล้ามเนื้อ Erector Spinae

กลุ่มตัวอย่าง: นอนคว่ำบนเตียงพร้อมก็นำมือทั้งสองข้างประสานไว้ที่ท้ายทอย จากนั้นออกแรงดึงลำตัวในส่วนบนของร่างกายขึ้นเท่านั้นในทิศทางตรงตามลูกศรสีแดง (ดังรูปที่ 25)

ผู้วิจัย: ยืนอยู่ตรงบริเวณด้านข้างต้นขาและใช้มือทั้งสองข้างออกแรงกดบริเวณข้อเท้าของกลุ่มตัวอย่างเพื่อรักษาความสมดุลของกลุ่มตัวอย่างไม่ให้เสียการทรงตัวและออกแรงได้เต็มที่

7. Vastus Medialis



รูปที่ 26 แสดงการทดสอบกล้ามเนื้อ Vastus Medialis

กลุ่มตัวอย่าง: นั่งลำตัวตรง ขาทั้งสองข้างทิ้งลงโดยให้ข้อเข่าทำมุม 90° และขาด้านขวาทำการทดสอบเหยียดขาขึ้นทำมุม 160° จากนั้นออกแรงเหยียดขาขึ้นในทิศทางตรง ตามลูกศรสีแดง (ดังรูปที่ 26)

ผู้วิจัย: ยืนอยู่บริเวณด้านข้างของขาของกลุ่มตัวอย่างโดยที่มือข้างซ้ายประคองไว้ได้เข้า และมือข้างขวาออกแรงต้านการออกแรงในทิศทางที่ลดลงตามลูกศรสีเทาของกลุ่มตัวอย่างบริเวณข้อเท้าข้างที่ทำการทดสอบ (ดังรูปที่ 26)

8. Biceps Femoris



รูปที่ 27 แสดงการทดสอบกล้ามเนื้อ Biceps Femoris

กลุ่มตัวอย่าง: นอนคว่ำลำตัวตรงพร้อมกับมือทั้งสองข้างประคองหน้าไว้ และงอเข่า 90° จากนั้นออกแรงงอเข่าเข้าหาลำตัวในทิศทางตามลูกศรสีเทา (ดังรูปที่ 27)

ผู้วิจัย: ใช้มือข้างซ้ายประคองที่บริเวณปลายต้นขาของกลุ่มตัวอย่างและมือข้างขวาออกแรงต้านการงอเข่าบริเวณข้อเท้าของกลุ่มตัวอย่างโดยการออกแรงกดลงในทิศทางการเหยียดขา

ภาคผนวกที่ 6

ตารางการทดสอบการว่ายน้ำท่าครอว์ลของกลุ่มตัวอย่าง

	รหัสกลุ่ม ตัวอย่าง	ความเร็วน้ำ ครั้งที่ 1	ความเร็วน้ำ ครั้งที่ 2	ความเร็วน้ำ ครั้งที่ 3	
	Warm Up	1	LS	MS	
2		MS	HS	LS	
3		HS	LS	MS	
4		LS	MS	HS	
5		MS	HS	LS	
6		HS	LS	MS	
7		LS	MS	HS	
8		MS	HS	LS	
9		HS	LS	MS	
10		LS	MS	HS	
11		MS	HS	LS	
12		HS	LS	MS	
13		LS	MS	HS	
14		MS	HS	LS	
15		HS	LS	MS	

กลุ่มตัวอย่างทั้งหมด 15 คน จะได้รับการทดสอบด้วยความเร็วน้ำ 3 ระดับ โดยทำการสุ่มความเร็วน้ำในระดับต่าง ซึ่งความเร็วน้ำระดับที่หนึ่งกลุ่มตัวอย่างจะทำการทดสอบการว่ายน้ำท่าครอว์ลด้วยความเร็วน้ำ 0.5 เมตร/วินาที (LS) ความเร็วน้ำระดับที่สองกลุ่มตัวอย่างจะทำการทดสอบการว่ายน้ำท่าครอว์ลด้วยความเร็วน้ำ 1.0 เมตร/วินาที (MS) และความเร็วน้ำระดับที่สามกลุ่มตัวอย่างจะทำการทดสอบการว่ายน้ำท่าครอว์ลด้วยความเร็วน้ำ 1.5 เมตร/วินาที (HS)

ภาคผนวกที่ 7

รูปภาพการติด Electrode และขณะทำการทดสอบว่ายน้ำท่าครอลล์



รูปที่ 28 ทำการติด Electrode ให้ตรงกับกล้ามเนื้อที่จะทำการทดสอบจำนวน 8 มัดกล้ามเนื้อ จากนั้นทำการทดสอบ Maximal Voluntary Contraction: MVC และบันทึก



รูปที่ 29 เปิดความเร็วน้ำที่ 1.0 m/s เพื่อให้ นักกีฬาทำการ Warm Up และทำความคุ้นเคยกับ Flume



รูปที่ 30 นักกีฬาให้สัญญาณก่อนที่จะเริ่มการที่เริ่มการทดสอบ ความเร็ว 0.5 m/s



รูปที่ 31 นักกีฬาทำการทดสอบโดยว่ายน้ำท่าครอว์ลด้วยความเร็ว 0.5 m/s
ทั้งหมด 3 เซต เซตละ 20 สโตรค



รูปที่ 32 นักกีฬาทำการทดสอบว่ายน้ำท่าครอว์ลด้วยความเร็ว 1.0 m/s
ทั้งหมด 3 เซต เซตละ 20 สโตรค



รูปที่ 33 นักกีฬาทำการทดสอบว่ายน้ำท่าครอว์ลด้วยความเร็ว 1.5 m/
ทั้งหมด 3 เซต เซตละ 20 สโตรค

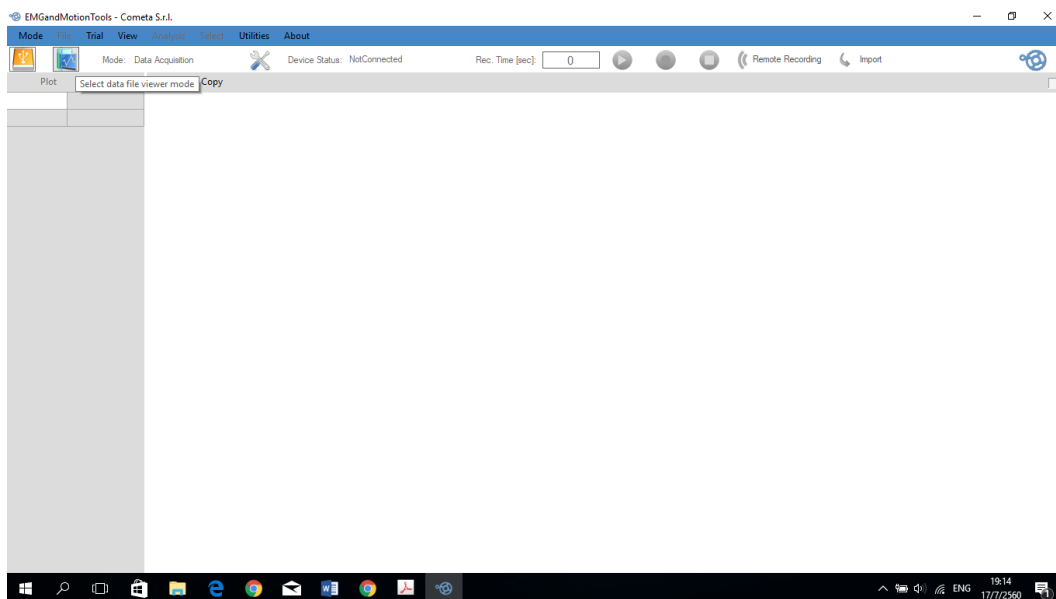


รูปที่ 34 ในแต่ละความเร็วจะให้ให้นักกีฬาพักเป็นเวลา 5 นาที
พร้อมกับทำการบันทึกข้อมูลการว่ายน้ำในแต่ละความเร็วลงในโปรแกรม EMG

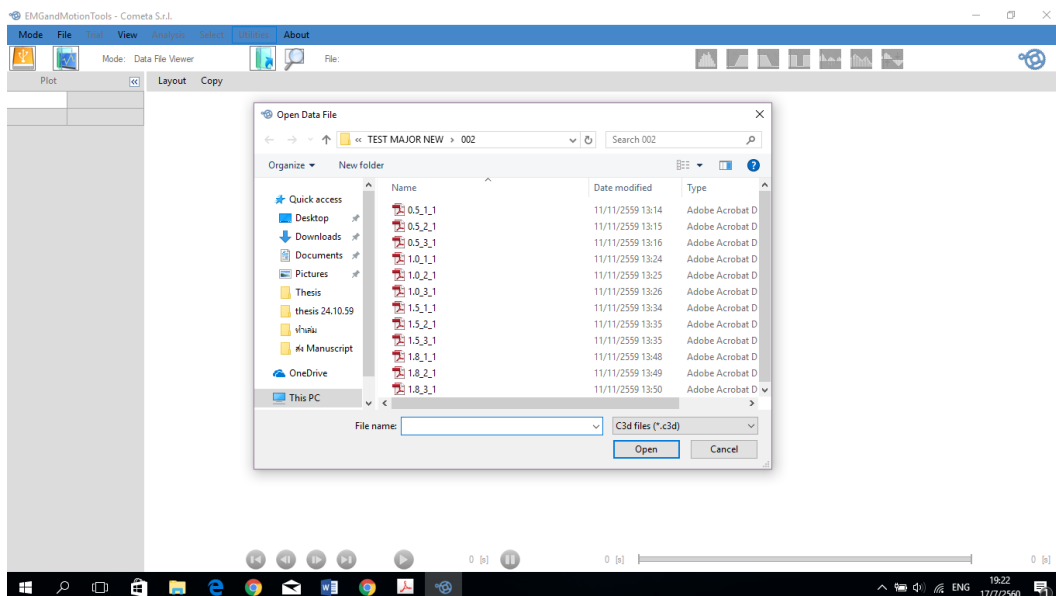
ภาคผนวกที่ 8

วิธีการวิเคราะห์ข้อมูล EMG โดยโปรแกรม EMG and Motion tools

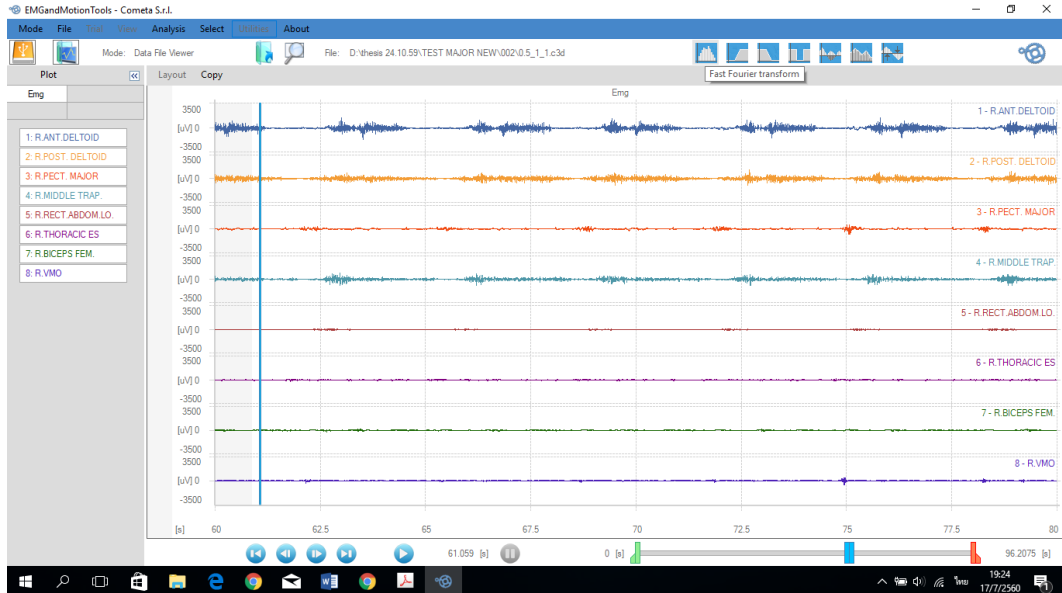
1. เมื่อเปิดโปรแกรม EMG and Motion tools เรียบร้อยแล้ว ทำการคลิก Select data file viewer mode บริเวณมุมด้านซ้ายของหน้าต่างโปรแกรม



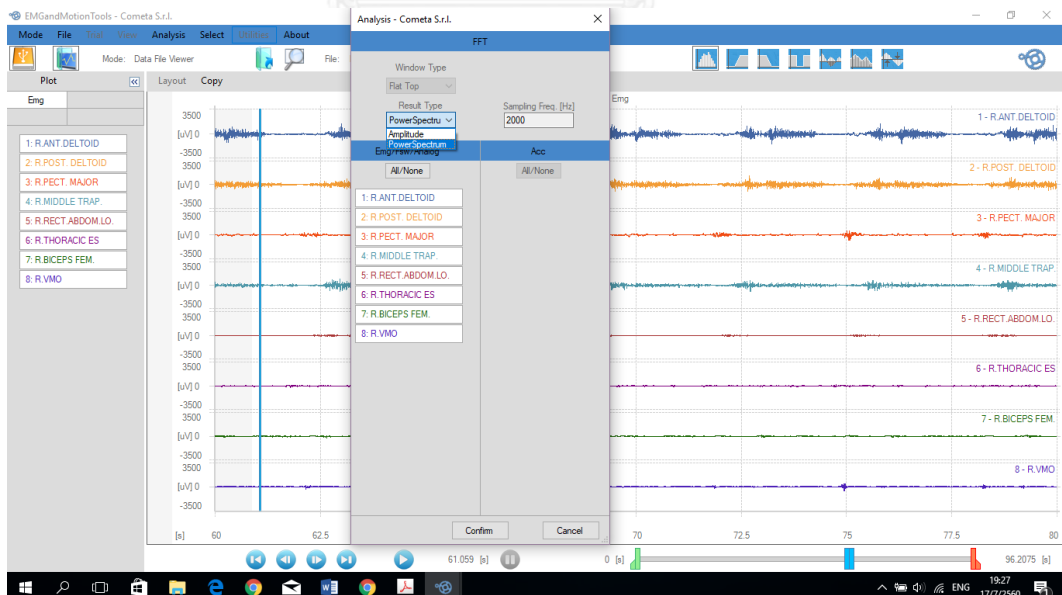
2. จากนั้นทำการคลิกที่ Open file เพื่อเปิดข้อมูลการทดสอบการว่ายน้ำของกลุ่มตัวอย่างในแต่ละความเร็ว



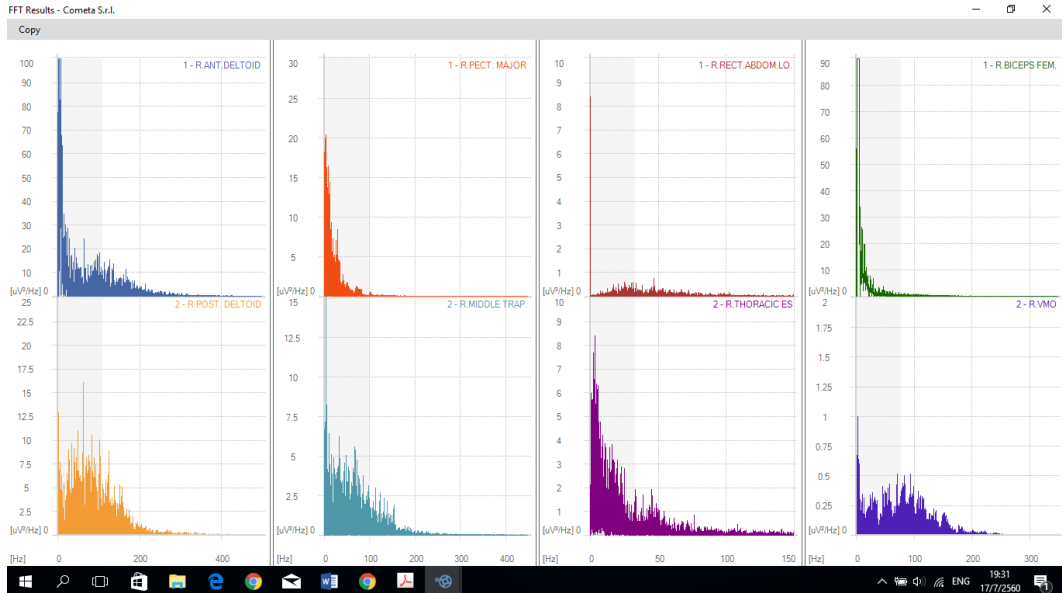
3. เมื่อเปิดไฟล์ข้อมูลการทดสอบของกลุ่มตัวอย่างเรียบร้อยแล้วทำการคลิกที่ Fast Fourier transform บริเวณมุมขวาบนของหน้าต่างโปรแกรม



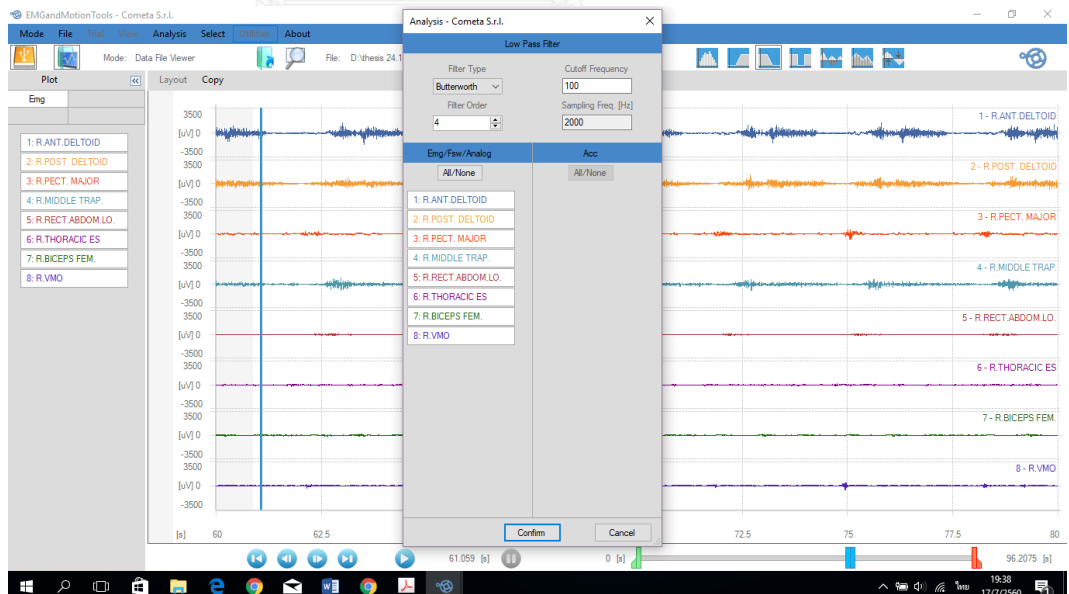
4. จากนั้นเลือกที่ Result type เปลี่ยนเป็น Power Spectrum โดยที่เลือกความถี่เป็น 2000 Hz. และจากนั้นกด Confirm



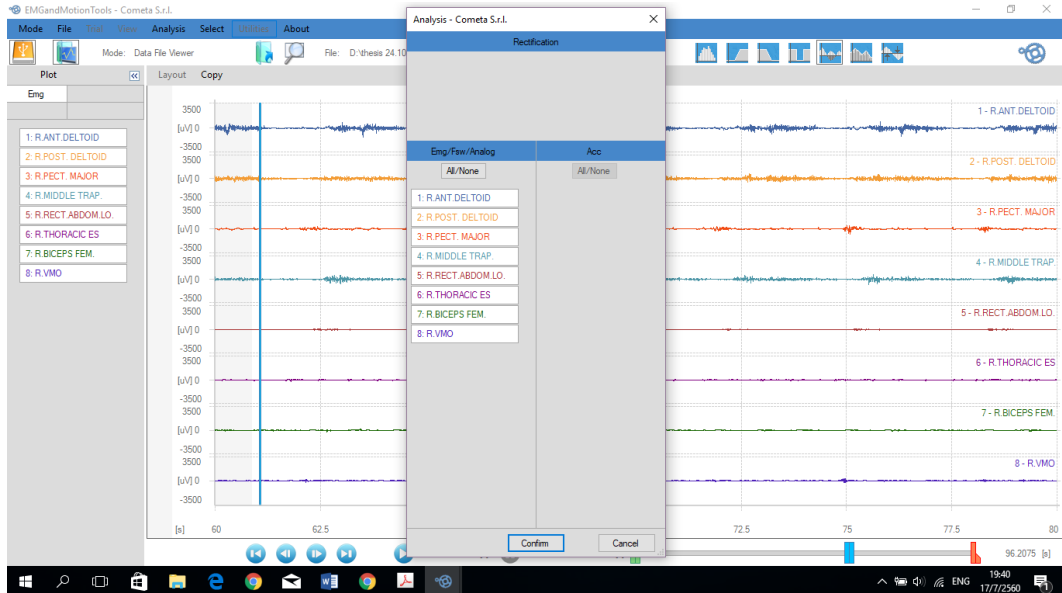
5. โปรแกรมจะแสดงกราฟ EMG เพื่อดูว่ากราฟอยู่ในรูปแบบอะไร ซึ่งกราฟแสดงในรูปแบบของ Low pass filter แล้วจากนั้นทำการเลือกความถี่ในการวิเคราะห์ข้อมูล



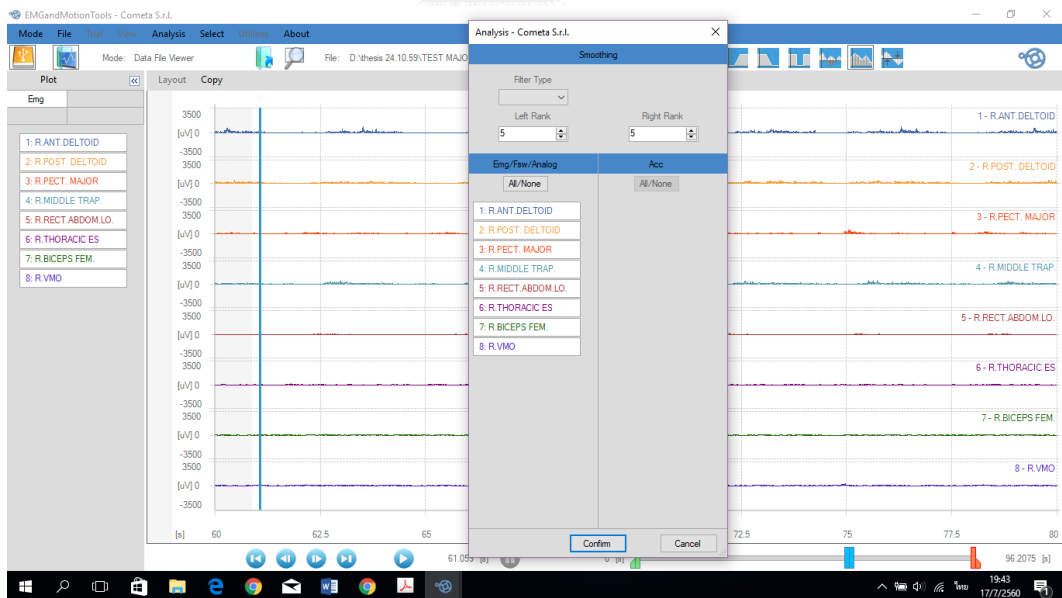
6. จากนั้นคลิก Low pass filter เพื่อตัดกราฟที่ไม่ต้องการออกไป ซึ่งในการวิเคราะห์ครั้งนี้ตัวความถี่ที่ 100 Hz.



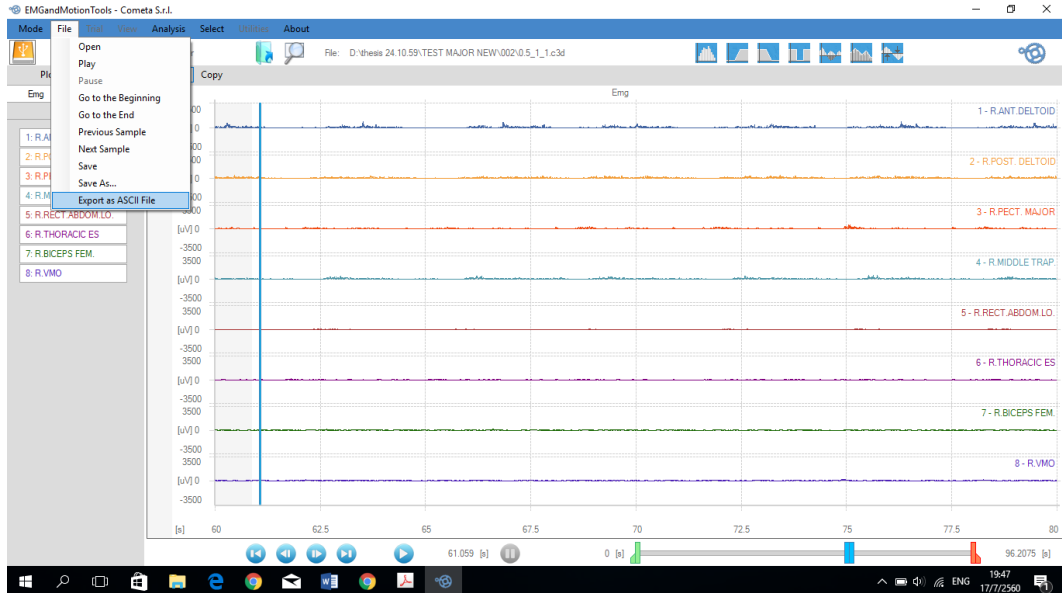
7. เมื่อตัดกราฟเรียบร้อยแล้ว คลิกที่เมนู Rectification เพื่อให้กราฟส่วนที่เป็นผลลบ ทำให้เป็นผลบวกทั้งหมด



8. จากนั้นคลิก Smoothing เพื่อทำกราฟข้อมูลการทดสอบเป็นเส้นตรงมากที่สุด



9. เมื่อจัดการกับข้อมูลการทดสอบเรียบร้อยแล้ว คลิก File บริเวณมุมบนซ้าย จากนั้นคลิก Export as ASCII file เพื่อให้ข้อมูลในการวิเคราะห์เป็นตัวเลขทั้งหมด



10. เมื่อจัดการกับข้อมูลเรียบร้อยแล้ว ทำการเปิดไฟล์ข้อมูลที่นำออกมาในรูปแบบ File Excel จากนั้นทำการวิเคราะห์โดยใช้สูตร เพื่อวิเคราะห์หาตัวแปร Maximum Intensity, Time to Peak, Rate of EMG Development, Onset Latency ต่อไป

Time(s)	R.ANT.DELI.R.POST.	D.R.PECT.	M.R.MIDDLE R.RECT.AER.	THORAC.R.BICEPS	R.VMO(uV)			
22.5415	2.50143	80.96419	2.27775	34.73292	1.01318	31.71001	6.84203	3.6798
22.542	2.50143	94.44281	1.91703	41.3314	1.03322	31.71001	6.84203	3.41568
22.5425	2.50143	108.0344	1.91703	47.42766	1.03322	31.71001	6.84203	3.15976
22.543	2.50143	121.5102	1.91703	52.77863	1.03322	31.71001	6.84203	2.91945
22.5435	2.50143	134.6309	1.91703	57.1958	1.03322	31.71001	6.84203	2.69994
22.544	2.50143	147.1572	1.91703	57.1958	1.03322	31.71001	6.84203	2.50291
22.5445	2.50143	158.8586	1.91703	57.1958	1.03322	31.71001	6.84203	2.32722
22.545	2.50143	169.5213	1.91703	57.1958	1.03322	31.71001	6.77397	2.17114
22.5455	2.25638	178.9537	1.91703	57.1958	1.03322	31.71001	6.77397	2.03386
22.546	2.25638	186.991	1.91703	57.1958	1.03322	34.68526	6.77397	1.91504
22.5465	2.25638	186.991	2.03656	57.1958	1.01873	34.68526	6.77397	1.81451
22.547	2.25638	186.991	2.03656	57.1958	0.98114	34.68526	6.77397	1.7328
22.5475	2.25638	186.991	2.03656	57.1958	0.93467	34.68526	6.77397	1.6771
22.548	2.25638	186.991	2.03656	53.84938	0.87922	34.68526	6.77397	1.6771
22.5485	2.25638	186.991	2.03656	49.97692	0.81471	34.68526	6.77397	1.6771
22.549	2.25638	186.991	2.03656	45.66332	0.74149	34.68526	6.77397	1.6771
22.5495	2.25638	186.991	2.03656	40.9955	0.66042	34.68526	7.96641	1.6771
22.55	2.28873	186.991	2.03656	36.08207	0.57321	34.68526	8.96472	1.6771
22.5505	2.78329	181.1397	2.03656	31.04635	0.48306	32.41845	8.96472	1.6771
22.551	3.26543	171.1415	1.96978	26.01027	0.39475	29.92381	8.96472	1.6771
22.5515	3.7404	159.4134	1.96978	21.07763	0.37638	27.26678	8.96472	1.6771
22.552	4.21368	146.1121	1.96978	16.32572	0.37638	24.50512	8.96472	1.7175
22.5525	4.69034	131.4442	1.96978	11.80772	0.37638	21.68921	8.96472	1.77075

ภาคผนวกที่ 9

ใบรับรองผลการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย



คณะกรรมการจริยธรรมการวิจัย
จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
เลขที่หนังสือ: 01067
วันที่ 6 ก.ค. 59 16.16

บันทึกข้อความ

ส่วนงาน คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 โทร.0-2218 3202
ที่ จว 517/2559 วันที่ 28 มิถุนายน 2559

เรื่อง แจ้งผลผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย

เรียน คณบดีคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา

สิ่งที่ส่งมาด้วย เอกสารแจ้งผ่านการรับรองผลการพิจารณา

ตามที่นิสิต/บุคลากรในสังกัดของท่านได้เสนอโครงการวิจัยเพื่อขอรับการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย นั้น ในการนี้ กรรมการผู้ทบทวนหลักได้เห็นสมควรให้ผ่านการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยได้ ดังนี้

โครงการวิจัยที่ 076.1/59 เรื่อง ผลของความเร็วการไหลของน้ำในอุโมงค์น้ำต่อชีวกลศาสตร์ของการว่ายน้ำท่าครอลในนักกีฬาว่ายน้ำสมัครเล่น (EFFECTS OF WATER FLOW VELOCITY IN SWIMMING FLUME ON BIOMECHANICS OF CRAWL STROKE SWIMMING IN AMATEUR SWIMMERS) ของ นายสุรชัย ตาระกา

จึงเรียนมาเพื่อโปรดทราบ

ดร. นันทิณี ชัยชนะวงศาโรจน์
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร. นันทิณี ชัยชนะวงศาโรจน์)

กรรมการและเลขานุการ

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน
กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ศาสตราจารย์ ดร. นันทิณี ชัยชนะวงศาโรจน์ (ศ.ดร. นันทิณี ชัยชนะวงศาโรจน์)

ชื่อไปรษณีย์

ทราย และคณะบริหารวิจัย

อื่นๆ

อื่นๆ

อื่นๆ

ชื่อ... 5, 11.ค., 2559

เรียน คณบดี

ส่งไปรษณีย์ 20 มิ.ย. 59

ดำเนินการแจ้งที่ปรึกษาสหสถาบัน และ ที่ปรึกษา

ดำเนินการที่ปรึกษาสหสถาบันและที่ปรึกษา

ป.วิท นอน

6 ก.ค. 59

ดร. นันทิณี ชัยชนะวงศาโรจน์
นันทิณี
8 ก.ค. 59

AF 01-12



คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330

โทรศัพท์/โทรสาร: 0-2218-3202 E-mail: eccu@chula.ac.th

COA No. 121/2559

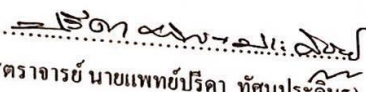
ใบรับรองโครงการวิจัย

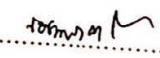
โครงการวิจัยที่ 076.1/59 : ผลของความเร็วการไหลของน้ำในอุโมงค์น้ำต่อชีวกลศาสตร์ของการว่ายน้ำ
น้ำท่าครอว์ลในนักกีฬาว่ายน้ำน้ำสมัครเล่น

ผู้วิจัยหลัก : นายสุรชัย ตาระกา

หน่วยงาน : คณะวิทยาศาสตร์การกีฬา จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
ได้พิจารณา โดยใช้หลัก ของ The International Conference on Harmonization – Good Clinical Practice
(ICH-GCP) อนุมัติให้ดำเนินการศึกษาวิจัยเรื่องดังกล่าวได้

ลงนาม... 
(รองศาสตราจารย์ นายแพทย์ปริภาค ทັນประศาสน์)
ประธาน

ลงนาม... 
(ผู้ช่วยศาสตราจารย์ ดร.นันทริ ชัยชนะวงศาโรจน์)
กรรมการและเลขานุการ

วันที่รับรอง : 22 มิถุนายน 2559

วันหมดอายุ : 21 มิถุนายน 2560

เอกสารที่คณะกรรมการรับรอง

- 1) โครงการวิจัย
 - 2) ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยและใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย
 - 3) ผู้วิจัย
 - 4) แบบสอบถาม
- เลขที่โครงการวิจัย... 076-1/59
วันที่รับรอง... 22 มิ.ย. 2559
วันหมดอายุ... 21 มิ.ย. 2560

เงื่อนไข

1. ข้าพเจ้ารับทราบว่าเป็นการสมัครขอรับใบรับรองโครงการวิจัย หากดำเนินการเก็บข้อมูลการวิจัยก่อนได้รับการอนุมัติจากคณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัย
2. หากใบรับรองโครงการวิจัยหมดอายุ การดำเนินการวิจัยต้องยุติ เมื่อต้องการต่ออายุต้องขออนุมัติใหม่ล่วงหน้าไม่ต่ำกว่า 1 เดือน หรือส่งรายงานความก้าวหน้าการวิจัย
3. ต้องดำเนินการวิจัยตามที่ระบุไว้ในโครงการวิจัยอย่างเคร่งครัด
4. ใช้เอกสารข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ใบยินยอมของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และเอกสารเชิญเข้าร่วมวิจัย (ถ้ามี) เฉพาะที่ประทับตราคณะกรรมการเท่านั้น
5. หากเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ร้ายแรงในสถานที่เก็บข้อมูลที่ขออนุมัติจากคณะกรรมการ ต้องรายงานคณะกรรมการภายใน 5 วันทำการ
6. หากมีการเปลี่ยนแปลงการดำเนินการวิจัย ให้ส่งคณะกรรมการพิจารณารับรองก่อนดำเนินการ
7. โครงการวิจัยไม่เกิน 1 ปี ส่งแบบรายงานสิ้นสุดโครงการวิจัย (AF 03-12) และบทคัดย่อผลการวิจัยภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น สำหรับโครงการวิจัยที่เป็นวิทยานิพนธ์ให้ส่งบทคัดย่อผลการวิจัย ภายใน 30 วัน เมื่อโครงการวิจัยเสร็จสิ้น

AF 04-97

- ร่างกายของกลุ่มตัวอย่างมีการอาการล่าช้าจากการทดสอบ ที่ต้องใช้เวลากำลังและความสามารถสูง
- มาตรการป้องกันและแก้ไขเมื่อเกิดเหตุการณ์ไม่พึงประสงค์ที่ผู้วิจัยเตรียมไว้ในโครงการนี้
- ใช้ความเร็วน้ำจากอุโมงค์น้ำไหลผ่านร่างกายของกลุ่มตัวอย่างด้วยความเร็วที่สูงและทำการฉีดเหยียดกล้ามเนื้อหลังจากการทดสอบ

5. เพื่อเป็นแนวทางให้โค้ชและนักกีฬาได้ทราบเกี่ยวกับวิธีการทำทางการเคลื่อนไหวร่างกายขณะว่ายน้ำด้วยความเร็วสูง มีการเปลี่ยนแปลงจากการว่ายน้ำที่ความเร็วต่ำไปอย่างไร เพื่อเป็นเป้าหมายของการฝึกฝน โดยให้สามารถเคลื่อนไหวร่างกายในท่าทางใกล้เคียงกับท่าทางในการเคลื่อนไหวร่างกายขณะว่ายน้ำที่ความเร็วสูง ซึ่งจะส่งผลให้นักกีฬาสามารถว่ายน้ำได้อย่างมีประสิทธิภาพ

6. การเข้าร่วมในการวิจัยของท่านเป็น โดยสมัครใจ และสามารถปฏิเสธที่จะเข้าร่วมหรือถอนตัวจากการวิจัยได้ทุกขณะ โดยไม่ต้องให้เหตุผลและไม่สูญเสียประโยชน์ที่พึงได้รับและไม่มีผลต่อการเป็นนักกีฬาในชมรมหรือเกี่ยวข้องในการตัดสินใจเพื่อป้องกันปัญหา inferiority ของผู้เข้าร่วมงานวิจัย

7. หากท่านมีข้อสงสัยให้สอบถามเพิ่มเติมได้ โดยสามารถติดต่อผู้วิจัยได้ตลอดเวลา และหากผู้วิจัยมีข้อมูลเพิ่มเติมที่เป็นประโยชน์หรือโทษเกี่ยวกับการวิจัย ผู้วิจัยจะแจ้งให้ท่านทราบอย่างรวดเร็วเพื่อให้ผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ทบทวนว่ายังสมัครใจจะอยู่ในงานวิจัยต่อไป

8. ข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับท่านจะเก็บเป็นความลับ หากมีการเสนอผลการวิจัยจะเสนอเป็นภาพรวม ข้อมูลใดที่สามารถระบุถึงตัวท่านได้จะไม่ปรากฏในรายงาน

9. มีการจ่ายค่าพานะ ค่าชุดสุขภาพเสียเวลา

โดยผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะได้รับค่าชุดสุขภาพเสียเวลาและค่าพานะในการเดินทางมาทดสอบจำนวนเงิน 200 บาท โดยที่ผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะทดสอบ 3 ความเร็วน้ำและเสร็จสิ้นภายใน 45 นาที และจะได้รับค่าเงินตอบแทนหลังจากทำการทดสอบเรียบร้อยแล้ว ในระหว่างการทำทดสอบจะมีน้ำและอาหารว่างให้กับผู้เข้าร่วมงานวิจัยอีกด้วย

10. หากท่านไม่ได้รับการปฏิบัติตามข้อมูลดังกล่าวสามารถร้องเรียนได้ที่

คณะกรรมการพิจารณาจริยธรรมการวิจัยในคน กลุ่มสหสถาบัน ชุดที่ 1 จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย
254 อาคารจามจุรี 1 ชั้น 2 ถนนพญาไท เขตปทุมวัน กรุงเทพฯ 10330 โทรศัพท์/โทรสาร 0-2218-3200

E-mail: ecru@chula.ac.th

เลขที่โครงการวิจัย..... 046.1/59
วันที่รับรอง..... 22 มิ.ย. 2559
วันหมดอายุ..... 21 มิ.ย. 2560



ทางการแพทย์และได้รับการรักษาดีกว่าการทานยา หรือยาสมุนไพร ก่อนเข้าร่วมงานวิจัยอย่างน้อย 6 เดือน

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมงานวิจัยออกจากกรวิจัย

1. กลุ่มตัวอย่างเกิดเหตุสุดวิสัยที่ทำให้ไม่สามารถเข้าร่วมการวิจัยคือ ได้เช่นการบาดเจ็บจากอุบัติเหตุหรือมีอาการเจ็บป่วยเป็นต้น โดยที่ผู้เข้าร่วมการวิจัยไม่แสดงอาการใดๆที่มีผลต่อการทดสอบหลังจากได้รับการแก้ไขอาการเป็นระยะหรือเรียบร้อยแล้ว

2. กลุ่มตัวอย่าง ไม่สมัครใจเข้าร่วมการวิจัยคือ



เลขที่โครงการวิจัย..... 016-1/59
วันที่รับรอง..... 22 มี.ค. 2559
วันหมดอายุ..... 21 มี.ค. 2560

- มีจำนวนทั้งหมด 15 คน
- วิธีการ ได้มาซึ่งกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย ผู้วิจัยได้มีจดหมายขออนุญาตชมรมว่ายน้ำ สิงห์คอร์เปอเรชั่น เพื่อความอนุเคราะห์กลุ่มตัวอย่างเข้าร่วมการวิจัยและไปเชิญชวนผู้เข้าร่วมงานวิจัยที่ชมรมว่ายน้ำ สิงห์ คอร์เปอเรชั่น โดยคัดจากประวัติและสถิติการแข่งขันการว่ายน้ำท่าครอว์ล 15 คน ที่สถิติที่ถูกต้อง เพื่อคัดเลือกเข้าร่วมการวิจัย
- การแบ่งกลุ่มผู้มีส่วนร่วมในการวิจัยมีที่กลุ่ม กลุ่มละ 5 คน

4. กระบวนการการวิจัยที่กระทำต่อกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ผู้วิจัยจะเป็นผู้ดำเนินการเชิญชวนผู้เข้าร่วมงานวิจัยด้วยตนเอง เมื่อผู้เข้าร่วมงานวิจัยยินดียินดีเข้าร่วมงานวิจัย ผู้วิจัยจะนัดหมายให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยมาทำการทดสอบที่ห้องปฏิบัติการของคณะวิทยาศาสตร์การกีฬา ในช่วงเวลาบ่าย 12.00-16.00 น. โดยในแต่ละครั้งในการทดสอบจะใช้เวลาไม่เกิน 45 นาที ซึ่งรวมเวลาวอร์มอัพและดูแลความเรียบร้อย ในการทดสอบจะทำการทดสอบเสร็จเรียบร้อยภายในหนึ่งวัน ผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะได้รับการติดเครื่องมือในการทดสอบ คลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อทั้งหมด 16 จุด ได้แก่ส่วนต้นแขน ลำตัว และต้นขา โดยจะทำการติด Electrode และจุดบอกตำแหน่งด้วยการทำความสะอาดผิวหนังด้วยสาลีชุบแอลกอฮอล์เพื่อลดการผิดพลาดในการทดสอบจากนั้นทำการติด Electrode และใช้ผ้าเทปพันชั้นแรก ใช้พลาสติกใสพันชั้นที่สองเพื่อป้องกันน้ำเข้า ซึ่งเครื่องมือทดสอบคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ เป็นเครื่องมือที่ไม่มีกระแสไฟฟ้าไหลผ่านร่างกายและไม่มีอันตรายกับร่างกายใดๆ และใช้กำลังความเร็ว 50 Hz จำนวน 1 ตัว เพื่อประกอบกรวัดระยะที่ท่าทางขณะว่ายน้ำ โดยติดจุดบอกตำแหน่งทั้งหมด 6 จุด ได้แก่ต้นแขน ลำตัว และต้นขา ด้านที่ต้นคอของกลุ่มตัวอย่างในการว่ายน้ำท่าครอว์ล เมื่อติดเครื่องมือเรียบร้อยแล้วผู้วิจัยจะทำการทดสอบท่าคว่ำสูงที่สุดในการรับสัญญาณคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อ ในการหัดคว่ำของกล้ามเนื้อสูงสุด ซึ่งผู้วิจัยจะเป็นผู้ออกแรงดันเพื่อให้ผู้เข้าร่วมวิจัยออกแรงดันได้สูงสุด จากนั้นในการทดสอบแต่ละครั้งให้กลุ่มตัวอย่างทำการทดสอบด้วยความเร็วน้ำลำคินที่ 1 ตามตารางการทดสอบการว่ายน้ำท่าครอว์ล โดยทำการสูบลมความเร็วน้ำ ที่ได้ทำการสูบลมไว้เบื้องต้น และทำการทดสอบจำนวน 3 ครั้ง โดยจะมีการเว้นช่วงพักของแต่ละระดับความเร็วน้ำเป็นเวลาอย่างน้อย 5 นาที เพื่อผลของชีวกลศาสตร์ของกรว่ายน้ำท่าครอว์ล

การวิจัยครั้งนี้ผู้วิจัยจะทำการเก็บข้อมูลคลื่นไฟฟ้ากล้ามเนื้อพร้อมกับกล้องบันทึกท่าทางการว่ายน้ำท่าคว่ำสูงจำนวน 1 ตัว โดยผู้วิจัยจะบันทึกข้อมูลเป็นรหัสและเมื่อเสร็จสิ้นการวิจัยแล้วข้อมูลที่เกี่ยวข้องกับผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย และข้อมูลจากการบันทึกภาพจะถูกลบจากเครื่องเก็บข้อมูลทั้งหมด

กระบวนการ ให้ข้อมูลแก่กลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

กระบวนการเชิญผู้เข้าร่วมงานวิจัย โดยผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะได้รับการเชิญเข้าร่วมโครงการ โดยผู้วิจัยตาม selection criteria หลังจากนั้นผู้เข้าร่วมงานวิจัยจะได้รับคำอธิบายรายละเอียดวิธีการวิจัย และจำนวนครั้งที่ต้องมาทดสอบ ซักถามและข้อเสียของการเข้าร่วมโครงการวิจัย โดยไม่มีผลต่อการดูแลรักษา หรือเกี่ยวข้องในการตัดสินใจเพื่อป้องกันปัญหา Inferority ของผู้เข้าร่วมงานวิจัย (ไม่ได้มีนโยบายเชิญชวนใดๆทั้งสิ้น) จากกันจึงจะขอให้ผู้เข้าร่วมงานวิจัยเห็นด้วยเข้าร่วมโครงการลงทะเบียนในอินชอนนเข้าร่วมโครงการวิจัย

ข้อมูลสำหรับกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

ชื่อโครงการวิจัย ผลของความเร็วการไหลของน้ำในอุโมงค์น้ำต่อชีวกลศาสตร์ของการว่ายน้ำท่าครอว์ล ในนักกีฬาว่ายน้ำสมัครเล่น

ชื่อผู้วิจัย นายสุรชัย ตระกา ตำแหน่ง นิสิตบัณฑิตศึกษา

สถานที่ติดต่อผู้วิจัย(ที่ทำงาน) สถาบันเทคนิสนิสิตปริญญาตรี เลขที่ 91 ม. 10 ถนนลาดพร้าว แขวงลำปลิวทิว เขตลาดกระบัง กรุงเทพมหานคร 10520

(ที่บ้าน) 15/1 ม.10 ซอย 5 ถนนพหลโยธิน ซ.พหลโยธิน อ.เมือง จ.พิษณุโลก 65000

โทรศัพท์ (ที่ทำงาน) 02-7373600 คอ - โทรศัพท์ที่บ้าน 054-416961

โทรศัพท์มือถือ 099-3545464 E-mail : yim.surachai@gmail.com



เลขที่โครงการวิจัย 076-1/59

วันที่รับรอง 22 มิ.ย. 2559

วันหมดอายุ 21 มิ.ย. 2560

1. ขอเรียนเชิญท่านเข้าร่วมในการวิจัยก่อนที่ท่านจะตัดสินใจเข้าร่วมในการวิจัยมีความจำเป็นที่ท่านควรทำความเข้าใจว่างานวิจัยนี้มีวัตถุประสงค์ในการทำคือ

เพื่อศึกษาผลของความเร็วการไหลของน้ำในอุโมงค์น้ำต่อชีวกลศาสตร์ของการว่ายน้ำท่าครอว์ล ในนักกีฬาว่ายน้ำสมัครเล่น

กรุณาใช้เวลาในการอ่านข้อมูลต่อไปนี้อย่างละเอียดรอบคอบและสอบถามข้อมูลเพิ่มเติมหรือข้อมูลที่มิชัดเจนได้ตลอดเวลา

2. โครงการนี้เกี่ยวข้องกับการวิจัยความเร็วการไหลของน้ำในอุโมงค์น้ำต่อชีวกลศาสตร์ของการว่ายน้ำท่าครอว์ล ในนักกีฬาว่ายน้ำสมัครเล่น

ท่าครอว์ล คือ การว่ายน้ำที่มีการหมุนแขนและเตะขา เพื่อผลักดันน้ำไปด้านหลังในการเคลื่อนไหวในน้ำด้วยความรวดเร็ว

อุโมงค์น้ำ คือ เครื่องมือในการทดสอบการว่ายน้ำ โดยที่จะมีน้ำเคลื่อนที่ด้วยความเร็วที่กำหนดอย่างสม่ำเสมอ

3. รายละเอียดของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย

• ลักษณะของกลุ่มประชากรหรือผู้มีส่วนร่วมในการวิจัย เกณฑ์การคัดเลือกและเกณฑ์การคัดออก

กลุ่มตัวอย่าง คือ นักกีฬาว่ายน้ำสมัครเล่นเพศชายท่าครอว์ลที่มีอายุระหว่าง 18-25 ปี ที่เข้าร่วมงานวิจัย เป็นนักกีฬาตัวแทนชมรมว่ายน้ำสิงห์ คอร์เปอเรชั่น โดยมีประสบการณ์ในการเข้าร่วมการแข่งขันว่ายน้ำในท่าครอว์ลในระดับตัวแทนชมรมอย่างน้อย 1 ครั้ง ภายใน 1 ปีที่ผ่านมา และปัจจุบันยังฝึกฝนอย่างสม่ำเสมอ อย่างน้อย 3 ครั้งต่อสัปดาห์

เกณฑ์การคัดเลือกผู้เข้าร่วมงานวิจัย

1. ชายไทย อายุ 18-25 ปี สุขภาพดี ไม่มีโรคประจำตัว เช่น เบาหวาน ความดัน น้ำหนักตัวไม่เกิน (BMI <25 kg./m²) โรคหัวใจผิดปกติตั้งแต่กำเนิด และโรคเรื้อรังอย่างอื่นที่มีผลต่อการวิจัย

2. สมัครใจเข้าร่วมการวิจัยและยินยอมยินยอมเข้าร่วมงานวิจัยอย่างเต็มที่

3. เป็นนักกีฬาว่ายน้ำสมัครเล่นที่เคยเข้าร่วมการแข่งขันอย่างน้อย 1 ครั้งในรอบ 1 ปี ในท่าครอว์ล ระยะสั้นไม่เกิน 200 เมตร

4. สามารถในการว่ายน้ำท่าครอว์ลด้วยความเร็วสูงสุด 1.5 เมตรต่อวินาทีระยะเวลา 20 สโตรก เมื่อทดสอบสถิติในการว่ายน้ำจากการจับตัวออกจากจุดเริ่มต้น และไปเปรียบเทียบกับตารางเปรียบเทียบอัตราเร็วในการว่ายน้ำในระยะทาง 50 เมตร ซึ่งสถิติการว่ายน้ำท่าครอว์ลในระยะทาง 50 m. ที่น้อยกว่าเวลา 33.3วินาที

5. กลุ่มตัวอย่างเป็นนักกีฬาที่ได้รับการฝึกซ้อมเป็นประจำอย่างน้อย 5 ครั้งต่อสัปดาห์

6. ไม่เคยได้รับบาดเจ็บของร่างกายอย่างรุนแรงถึงระดับเข้ารับการรักษาบริเวณกล้ามเนื้อและข้อต่อ

7. ไม่ได้รับการบาดเจ็บของกล้ามเนื้อและข้อต่อของตัวต่างๆ ของร่างกาย อย่างรุนแรงจนต้องเข้ารับการรักษา

ประวัติผู้เขียนวิทยานิพนธ์

ชื่อ-สกุล : นายสุรชัย ตาระกา

เกิดวันที่ : 4 กันยายน พ.ศ.2534

สถานที่เกิด : จังหวัดพะเยา

ที่อยู่ : 15/1 ม.10 ต.ห้วยวน อ.เชียงคำ จ.พะเยา 56110

ประวัติการศึกษา :

พ.ศ. 2546 สำเร็จการศึกษาระดับประถมศึกษา จากโรงเรียนปิยมิตรวิทยา

จังหวัดพะเยา

พ.ศ. 2549 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา จากโรงเรียนวชิรวิทย์

จังหวัดเชียงใหม่

พ.ศ. 2553 สำเร็จการศึกษาระดับมัธยมศึกษา จากโรงเรียนเกษมพิทยา

จังหวัดกรุงเทพมหานคร

พ.ศ. 2557 สำเร็จการศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรบัณฑิต เกียรตินิยมอันดับ 1

สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬาและการออกกำลังกาย

สถาบันการพลศึกษา วิทยาเขตเชียงใหม่ ปีการศึกษา 2556

พ.ศ. 2557 เข้าศึกษาปริญญาวิทยาศาสตรมหาบัณฑิต

สาขาวิทยาศาสตร์การกีฬาและสุขภาพ จุฬาลงกรณ์มหาวิทยาลัย

ปีการศึกษา 2557